

**Bewirken Lagewechsel und körperliche Aktivität  
Änderungen des Schwellungszustandes der  
Nasenschleimhaut bei starken Rauchern?**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der

Friedrich-Schiller-Universität Jena

von

Juliane Krause

geboren am 07.02.1983 in Jena / Thür.

Gutachter:

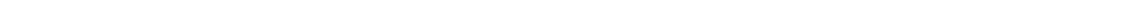
Prof. Dr. med. Hilmar Gudziol, Universitätsklinik Jena, Klinik für HNO

Prof. Dr. Frank Richter, Universitätsklinik Jena, Institut für Physiologie

Prof. Dr. med. Dirk Eßer, Helios Klinik Erfurt, Klinik für HNO

Tag der öffentlichen Verteidigung: 06.09.2011

**Diese Arbeit ist meinen Eltern und Großeltern gewidmet**



## Inhalt

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>V</b>
<b>1. Zusammenfassung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Zielstellung.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Material und Methoden .....</b>	<b>9</b>
4.1. Akustische Rhinometrie, RhinoMetrics .....	9
4.2. Auswahl der Probanden.....	12
4.3. Versuchsaufbau und Durchführung.....	13
4.4. Der Fragebogen.....	15
4.4.1. Zigarettenkonsum .....	16
4.4.2. Überblick zu Rauchgewohnheiten .....	16
4.4.3. Sportliche Alltagsbelastung im Überblick .....	17
4.4.4. Medikamenteneinnahme .....	18
4.4.5. Überblick zur Allergieanamnese .....	18
4.4.6. Überblick zum Schnarchen (Anamnese) .....	19
4.4.7. Einschätzung der Nasenatmung .....	20
4.5. Statistik .....	20
<b>5. Ergebnisse der akustischen Rhinometrie.....</b>	<b>21</b>
5.1. Vergleich der einzelnen Parameter zur Ausgangsposition .....	21
5.1.1. Betrachtung von $V_t$ zur Ausgangsmessung .....	23
5.1.2. Betrachtung von $biV_1$ zur Ausgangsmessung .....	24
5.1.3. Betrachtung von $biV_2$ zur Ausgangsmessung .....	25
5.1.4. Betrachtung von $MAC_t$ zur Ausgangsmessung .....	25
5.1.5. Betrachtung von $MAC_1$ zur Ausgangsmessung.....	26
5.1.6. Betrachtung von $MAC_2$ zur Ausgangsmessung.....	27
5.2. Vergleich der Parameter über die Zeitachse .....	28
5.2.1. Betrachtung von $V_t$ in der Zeitachse .....	29

---

5.2.2.	Betrachtung von $biV_1$ in der Zeitachse.....	30
5.2.3.	Betrachtung von $biV_2$ in der Zeitachse.....	31
5.2.4.	Betrachtung von $MAC_t$ in der Zeitachse.....	32
5.2.5.	Betrachtung von $MAC_1$ in der Zeitachse .....	33
5.2.6.	Betrachtung von $MAC_2$ in der Zeitachse.....	33
<b>6.</b>	<b>Statistische Untersuchung der Probandengruppe.....</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>Ergebnisse und Auswertung Blutdruck und Puls.....</b>	<b>36</b>
7.1.	Ergebnisse von Blutdruck und Puls im Vergleich zur Ausgangsmessung .....	36
7.2.	Ergebnisse Blutdruck und Puls entlang der Zeitachse.....	39
<b>8.</b>	<b>Ergebnisse und Auswertung der Nasenatmung .....</b>	<b>41</b>
8.1.	Nasenatmung im Verlauf der Messungen .....	41
8.2.	Korrelation der Nasenatmung mit $V_t$ .....	43
8.2.1.	Korrelation $V_t$ und Nasenatmung im Liegen .....	43
8.2.2.	Korrelation $V_t$ und Nasenatmung vom Liegen zum schnellen Aufstehen	44
8.2.3.	Korrelation $V_t$ und Nasenatmung nach dem Treppensteigen .....	44
8.3.	Korrelation der Nasenatmung mit $MAC_t$ .....	45
8.3.1.	Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung vom Stehen zum Liegen .....	45
8.3.2.	Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung vom Liegen zum schnellen Aufstehen	46
8.3.3.	Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung nach dem Treppensteigen.....	46
8.4.	Gruppenvergleich: gute Nasenatmung gegenüber schlechter Nasenatmung nach dem Treppenlaufen .....	47
8.4.1.	Betrachtung des systolischen Blutdrucks .....	47
8.4.2.	Betrachtung des diastolischen Blutdrucks.....	48
8.4.3.	Betrachtung von Puls und Freizeitsport .....	50
<b>9.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>52</b>
9.1.	Nasentotalvolumen $V_t$ im Liegen .....	55
9.2.	Systolischer, diastolischer Blutdruck und Puls im Liegen .....	66
9.3.	Nasenatmung im Liegen .....	68
9.4.	Nasentotalvolumen $V_t$ beim Aufstehen .....	71
9.5.	Systolischer, diastolischer Blutdruck und Puls beim Aufstehen.....	73
9.6.	Nasenatmung beim Aufstehen .....	74
9.7.	Nasentotalvolumen $V_t$ nach dem Treppenlaufen.....	76
9.8.	Systolischer, diastolischer Blutdruck und Puls nach dem Treppenlaufen.....	78
9.9.	Nasenatmung nach dem Treppenlaufen .....	79

<b>10. Schlussfolgerung .....</b>	<b>81</b>
<b>11. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>82</b>
<b>12. Anhang.....</b>	<b>89</b>
12.1. Übersicht über alle Parameter.....	89
12.2. Aufklärungsbogen .....	97
12.3. Fragebogen .....	98
12.4. Visuelle Analogskala.....	99
12.5. Danksagung.....	100
12.6. Ehrenwörtliche Erklärung .....	101
12.7. Lebenslauf .....	102

---

**Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	:	Abbildung
biMAC <sub>1</sub>	:	birhine Engstellenfläche im Isthmusbereich
biMAC <sub>2</sub>	:	birhine Engstellenfläche am Kopf der Concha nasalis media und der Intumescencia septi
biV <sub>1</sub>	:	birhines Volumen 1
biV <sub>2</sub>	:	birhines Volumen 2 (vom Isthmus nasi bis zum Kopf der mittleren Muschel)
COPD	:	chronical obstructive pulmonary disease
EKG	:	Elektrokardiogramm
et al	.	und andere
h	:	Stunde
HMV	:	Herzminutenvolumen
m <sup>2</sup>	:	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	:	Kubikmeter
MAC <sub>t</sub>	:	totale Nasenengstellenfläche
min	:	Minute
mmHg	:	Millimeter Quecksilbersäule
MW	:	Mittelwert
n	:	Anzahl der Probanden
NA	:	Nasenatmung
p	:	Signifikanzniveau

$p_{\text{dia}}$	:	Signifikanzniveau für mittleren diastolischen Druck
$p_{\text{sys}}$	:	Signifikanzniveau für mittleren systolischen Druck
REM	:	rapid eye movement
RRsys	:	Riva Rocci, systolischer Blutdruck in mmHg
RRdia	:	Riva Rocci, diastolischer Blutdruck in mmHg
STABW	:	Standardabweichung
Tab.	:	Tabelle
u. a.	.	unter anderem
VAS	:	Visuelle Analogskala
$V_t$	:	totales Nasengesamtvolumen
z.B.	:	zum Beispiel



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel rhinometrische Messung (Fa. RhinoMetrics A/S, Dänemark).....	7
Abbildung 2: Untersuchungsaufbau: Messung im Sitzen.....	10
Abbildung 3: Untersuchungsaufbau: Messung im Stehen .....	10
Abbildung 4: Untersuchungsaufbau: Messung im Liegen.....	11
Abbildung 5: Beispiel eines Datenausdrucks der Akustischen Rhinometrie.....	11
Abbildung 6: Altersübersicht der Probanden.....	15
Abbildung 7: Anzahl der gerauchten Zigaretten pro Tag .....	16
Abbildung 8: Rauchgewohnheiten .....	17
Abbildung 9: Sportliche Aktivitäten in Stunden pro Woche .....	17
Abbildung 10: Übersicht über die Einnahme von Medikamenten.....	18
Abbildung 11: Übersicht zur Allergieanamnese .....	19
Abbildung 12: Überblick zum nächtlichen Schnarchen.....	19
Abbildung 13: Grafische Darstellung der Mittelwertuntersuchung.....	22
Abbildung 14: Vergrößerte Darstellung ausgewählter Mittelwerte .....	23
Abbildung 15: Übersicht der einzelnen Messungen entlang der Zeitachse.....	28
Abbildung 16: Übersicht Blutdruck und Puls für alle elf Messungen (39 Probanden)...	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittelwerte aller Messungen mit Standardabweichung.....	21
Tabelle 2: Auswertung Wilcoxon- Test im Vergleich zur Ausgangssituation .....	22
Tabelle 3: Auswertung Wilcoxon- Test über die Zeitachse .....	28
Tabelle 4: Auswertung der Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2.....	35
Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichung zu jeder einzelnen Messung .....	36
Tabelle 6: Auswertung Blutdruck und Puls mit Wilcoxon- Test .....	37
Tabelle 7: Auswertung Blutdruck und Puls entlang der Zeitachse mit Wilcoxon- Test .	39
Tabelle 8: Übersicht zur Veränderung der Nasenatmung im Verlauf der Messungen ..	41
Tabelle 9: Korrelation $V_t$ und Nasenatmung zwischen Messung 2 und 3 .....	43
Tabelle 10: Korrelation $V_t$ und Nasenatmung zwischen Messung 3 und 4 .....	44
Tabelle 11: Korrelation $V_t$ und Nasenatmung zwischen 4 und 5.....	44
Tabelle 12: Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung von Messung 2 und 3 .....	45
Tabelle 13: Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung von Messung 3 und 4 .....	46
Tabelle 14: Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung von Messung 5 und 6 .....	46
Tabelle 15 Übersicht $RR_{sys}$ - Veränderung vor und nach dem Treppensteigen( $\downarrow NA$ ) ...	47
Tabelle 16: Übersicht $RR_{sys}$ - Veränderung vor und nach dem Treppensteigen( $\uparrow NA$ ) ..	48
Tabelle 17: Übersicht $RR_{dia}$ -Veränderung vor und nach dem Treppensteigen ( $\downarrow NA$ ) ..	49
Tabelle 18: Übersicht Veränderung $RR_{dia}$ vor und nach Treppensteigen ( $\uparrow NA$ ).....	49
Tabelle 19: Übersicht zur Pulsfrequenz der Probanden mit $\downarrow NA$ .....	50
Tabelle 20: Übersicht zur Pulsfrequenz der Probanden mit $\uparrow NA$ .....	50

## **Anhang**

Übersicht über alle Parameter	89
Aufklärungsbogen	97
Fragebogen	98
Visuelle Analogskala	99
Danksagung	100
Ehrenwörtliche Erklärung	101
Lebenslauf	102

## 1. Zusammenfassung

Hauptuntersuchungsgegenstand der Arbeit war, die Dynamik des nasalen Schwellkörpers bei Lageänderungen und dem Treppensteigen zu beleuchten. Es wurde mit Hilfe der akustischen Rhinometrie die Veränderung der Nasendurchgängigkeit junger gesunder Raucher beim Körperpositionswechsel untersucht. Zum einen sollten dabei der Zusammenhang zwischen dem Lagewechsel und der dadurch bedingten Schwellungsänderung der Nasenschleimhaut dargestellt werden, zum anderen sollten Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu vorrausgegangenen Studien erarbeitet werden. Von Juli 2007 bis August 2008 wurden 39 chronische starke Raucher rekrutiert und in verschiedenen Körperpositionen u.a. im Sitzen, im Stehen, während Rückenlage und nach körperlicher Aktivität untersucht. Diese Versuchsanordnung habe ich gewählt, um das Schwellverhalten während alltagsrelevanter und für jeden von uns gebräuchliche Körperpositionen zu objektivieren. Es wurden insgesamt elf Messungen mit Hilfe der akustischen Rhinometrie durchgeführt, um Veränderungen im Nasentotalvolumen  $V_t$ , dem birhinen Teilvolumen  $biV_1$  und dem birhinen Teilvolumen  $biV_2$  zu messen. Zusätzlich wurden der Blutdruck und die Pulsfrequenz parallel zu jeder Messung ermittelt, um nachzuweisen, ob die Nasenschleimhäute junger gesunder Raucher schon frühzeitig Anzeichen einer sympatiko-vagalen Dysbalance aufzeigen. Sympathiko-vagale Dysbalancen äußern sich in einem veränderten Schwellverhalten. Eine durch inhalative Noxen (Zigarettenrauch) belastete Schleimhaut ist eine entzündete Nasenschleimhaut, die in Rückenlage mit einer Verschwellung der Nasenpassage aufgrund einer chemisch induzierten Vasodilatation reagiert. Die Reaktion gleicht der einer chronischen Rhinitis. Eine durch Entzündung ausgelöste Ausschüttung von verschiedenen Mediatoren (Leukotriene, Prostaglandine, Substanz P, Bradykinin), führt zu einer chemisch induzierten Vasodilatation. Diese Dilatation bewirkt im Zusammenspiel mit der Zunahme des venösen Drucks im Liegen, im Vergleich mit dem venösen Druck im Stehen oder Sitzen, eine Verschwellung der Nasenschleimhaut und führt auf diese Weise zu einer nasalen Obstruktion. Die verwendete visuelle Analogskala diente zum subjektiven Einschätzen der Nasendurchgängigkeit. Beim Lagewechsel vom Sitzen zum Stehen ergaben sich keine

Veränderung von  $V_t$ ,  $biV_1$  und  $biV_2$ . Die Nasendurchgängigkeit blieb konstant. Ein erhöhter Sympathikotonus war am Pulsanstieg erkennbar.

In Rückenlage kam es zu einer Verkleinerung des Nasentotalvolumens und zu einer Abnahme der nasalen Luftpassage, was sich auch in der tendenziellen Verschlechterung der subjektiven Nasendurchgängigkeit zeigte. An jungen gesunden Nichtrauchern konnte man keine Volumenabnahme im Liegen nachweisen. Die Literatur zeigt, dass bei Patienten mit banalem Schnupfen oder mit allergischer Rhinitis eine Verschwellung im Liegen nachzuweisen ist. Der im Liegen nachgewiesene erhöhte Vagotonus zeigte sich bei Rauchern in der Abnahme des diastolischen Blutdrucks und der Pulsfrequenz.

Nach dem schnellen Aufstehen waren  $V_t$  und  $biV_2$  signifikant vergrößert und gleichzeitig verbesserte sich die subjektive Nasendurchgängigkeit signifikant. Infolge des Lagewechsels kam es zu einem erhöhten Sympathikotonus mit signifikanter Zunahme von Blutdruck und Herzfrequenz. Eine Minute nach dem schnellen Aufstehen ergaben sich keine Veränderungen der Volumina, der subjektiven Nasenatmung, der Blutdruck- und Pulswerte.

In der anschließenden Belastungssituation, dem Treppenlaufen kam es zu einer Vergrößerung des Nasentotalvolumens. Parallel dazu konnte ein Anstieg der Herzkreislaufparameter (Blutdruck und Puls) festgestellt werden, was auf den gesteigerten Sympathikotonus hinweist. Die subjektive Einschätzung einer verbesserten Nasenatmung war nicht signifikant. In der nachfolgenden Ruhephase verkleinerte sich das Nasentotalvolumen erneut, was mit einer Verschwellung der Nasenschleimhaut vereinbar ist. Der systolische Blutdruck erreicht nach sechs Minuten, der diastolische nach zwei Minuten und die Pulsfrequenz nach vier Minuten die Werte der Ausgangssituation im Sitzen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass auf die Nasenschleimhaut starker Raucher alltägliche Lageänderungen (Stehen, Rückenlage, schnelles Aufstehen, körperliche Aktivität) atemrelevante Auswirkungen haben. Der autonome Regelmechanismus des nasalen Schwellkörpers zeigt bei gesunden Rauchern im Gegensatz zu Nichtrauchern sympathiko-vagale Dysbalancen. Dies könnte als ein frühes Schädigungsmuster bei jungen chronischen Rauchern, die sich gesund fühlen, angesehen werden.

## 2. Einleitung

Die Nase hat zwei Hauptfunktionen: Die Säuberung, Anfeuchtung sowie Temperierung der Einatemluft und zum anderen das mit dem Ein- und Ausatmen verbundene Riechen. Nicht umsonst ist es der stammesgeschichtlich älteste Sinn des Menschen, der auch schon vor Millionen von Jahren als Urinstinkt unser Überleben sicherte, indem er bei der Nahrungsfindung, dem Finden von Paarungsgefährten und dem Erkennen von drohenden Gefahren eine entscheidende Rolle spielte. Eine intakte Nasenschleimhaut schützt uns vor dem Eindringen von Krankheitserregern in den Organismus. Sie ist ein wichtiger Teil des körpereigenen Immunsystems. Im Falle einer toxischen, allergischen oder infektiösen Schädigung reagiert die Nasenschleimhaut ziemlich uniform:

**Niesreiz** ist häufig das erste Symptom einer gereizten Nasenschleimhaut. Das Niesen ist ein Schutz- und Reinigungsreflex, wodurch die Luft retrograd durch die Nase wieder ausgestoßen wird. In hoher Geschwindigkeit werden Nasensekret, Staub und andere Fremdkörper, ausgelöst durch eine Reizung der Nasenschleimhaut, aus der Nase entfernt.

Zum zweiten ist eine gesteigerte Sekretion zu beobachten. Die **Rhinorrhö** ist wässrig, schleimig oder eitrig, was jeder beispielsweise während eines banalen Schnupfens selbst schon kennengelernt hat.

Verschwellungen der Nasenschleimhaut sind letztlich die dritte Möglichkeit, auf exogene Reize zu reagieren. Der nasale Schwellkörper unterliegt der sympathischen und parasympathischen Kontrolle. Bei Dysbalancen zwischen Sympathikotonus und Parasympathikotonus kann ein verändertes Schwellverhalten beobachtet werden. Der Nasenzyklus ist ein physiologischer Vorgang des wechselseitigen An- und Abschwellens der Nasenschleimhaut ohne äußeren Reiz (Kayser 1985). Der Nasenzyklus wurde bereits in verschiedenen Studien beschrieben (Hasegava und Kern 1978, Keuning 1968), dennoch ist über die Faktoren, die diesen beeinflussen, wenig bekannt (Eccles 1983, Haight und Cole 1986). Der gegensätzliche Wechsel des Strömungswiderstandes

ist bei etwa 80% der Patienten nachweisbar und beruht auf einem Wechselspiel des Sympathiko- und Parasympathikotonus. Wie zuvor beschrieben schwanken die nasalen Luftströme und Nasenvolumina der einzelnen Nasenhälften während des Nasenzyklus, die Gesamtnase bleibt jedoch gut konstant (Werner und Rudert 1990). Kommt es zu einer Volumenzunahme der Nasenschleimhaut und des nasalen Schwellkörpers folgt daraus eine nasale Obstruktion und die Luftpassage ist erschwert. Der Nasenzyklus besteht aus einer sogenannten Arbeitsphase und einer Ruhephase. Diese beiden Phasen sind in jeweils einer Nasenseite parallel vorhanden. Während eine Nasenseite sich in Ruhephase befindet, sind die Nasenschleimhäute angeschwollen und der Luftstrom nur gering möglich. Zeitgleich befindet sich die andere Nasenseite in der Arbeitsphase, in der die Nasenschleimhaut abgeschwollen und eine gute Luftpassage möglich ist. Die Dauer des Nasenzyklus ist interindividuell sehr unterschiedlich und dauert zwischen zwei bis drei Stunden (Beule et al 2004, Reinefeld 2003).

Auch **Riechstörungen** können Ausdruck einer Einschränkung der Nasenschleimhautfunktion sein. Das Riechepithel bedeckt die oberen Nasenmuscheln, das Nasendach und den oberen Teil des Nasenseptums. Verschiedene äußere Noxen können die Riechschleimhaut schädigen, weil sie als einziges Sinnesepithel direkt den Schadstoffen ausgesetzt ist. Besonders interessant sind die Auswirkungen des Zigarettenrauchens auf die Riechfunktion. Frye et al haben in ihrer Studie nachgewiesen, dass Rauchen Auswirkungen auf das Riechvermögen hat (Frye et al 1990). Insbesondere akutes Rauchen führt zu herabgesetzter Riechwahrnehmung. Bis zu 4800 schädliche Inhaltsstoffe sind in Tabakwaren enthalten. Davon werden 250 dieser Substanzen als giftig oder kanzerogen diskutiert (Schaller und Pötschke-Langer 2008). Viele der Substanzen werden direkt über die Schleimhäute resorbiert, die mit jedem Atemzug aufgenommen werden. Klar ist, dass in Deutschland jedes Jahr 110000 bis 140000 Menschen an den Folgen des Rauchens sterben (John und Hanke 2001, Peto et al 1992, Welte et al 2000). Es wird vielfach in der Literatur berichtet, dass Rauchen einen entscheidenden Risikofaktor für Lungenkarzinome und Tumoren der Kopf- Hals- Region darstellt. Ebenso sind Gefäß- und Herzkreislauferkrankungen, allen voran die Arteriosklerose und Bluthochdruck, häufig mit chronischen Tabakkonsum assoziiert (Schaller und Pötschke-Langer 2008). Doch diese Langzeitfolgen durch

Rauchen sollen nicht Thema dieser Arbeit werden. Ich untersuchte, wie sich das Rauchen auf die Dynamik des Nasenschwellkörpers auswirkt.

Ich möchte analysieren ob das Rauchen an der Nasenschleimhaut funktionelle Veränderungen bewirkt, die ohne Beschwerden zu machen, bei chronischen Rauchern nachgewiesen werden können. Dazu untersuchte ich junge gesunde Raucher, die keine kardiovaskulären Erkrankungen aufwiesen und sich ansonsten fit und gesund fühlten. Insbesondere hatten sie keine nasalen Beschwerden. Ziel dieser Studie war es gegebenenfalls Veränderungen der Nasendurchgängigkeit festzustellen, die durch alltägliche Körperpositionswechsel induziert werden. Eine analoge Untersuchung ist an jungen Nichtrauchern durchgeführt worden (Gudziol und Stadeler 2008). Es soll in dieser Studie als Nachfolgearbeit nach Unterschieden bei Rauchern gesucht werden.

Die Exposition mit Zigarettenrauch kann auf verschiedenen Wegen eine Entzündung induzieren. Durch hochgiftige Inhaltstoffe wie Formaldehyde, Phenole, Stickstoffoxide und viele mehr werden die Nasenschleimhäute direkt angegriffen (Siemon et al 2008). Es kommt ebenso zur akuten Schädigung des Flimmerepithels in der Nase. Dieses Flimmerepithel besitzt ein kompliziertes Selbstreinigungssystem, welches kleine Mikroorganismen oder Fremdkörper aus den Atemwegen abtransportiert. Kleine Zilien (Flimmerhärchen), die wichtiger Bestandteil des Epithels sind, werden durch Zigarettenrauch geschädigt (Siemon et al 2008). Dadurch wird die Nasenschleimhaut mangelhaft gereinigt, wodurch ein guter Nährboden für Entzündungen geschaffen wird. Im Rahmen einer Entzündung kommt es zu einer verstärkten Schleimsekretion mit veränderter Zusammensetzung des Sekretes. Werden die Schleimhäute geschädigt, wird auch die immunologische Abwehrfunktion beeinträchtigt. Die Inhaltstoffe des Rauchs verursachen auch direkt eine Entzündung der dem Rauch ausgesetzten Nasenschleimhaut. Es sind histomorphologische Gemeinsamkeiten mit der allergischen Rhinitis berichtet worden (Vinke et al 1999). Es ist aufgezeigt worden, dass die Nasenschleimhaut von Rhinitispatienten ein verändertes Schwellverhalten gegenüber Gesunden hat (Hasegava 1994, Rundcrantz 1969, Roithman et al 2005, Cuddihy und Eccles 2003, Stroud et al 1999). Manche Patienten mit Heuschnupfenanamnese haben auch außerhalb der Pollensaison eine Verschwellung der Nasenschleimhäute. Dies kann man auf die Hypersensitivität gegenüber



unspezifischen Reizen zurückführen. Weiterhin klagen Allergiker außerhalb ihrer akuten Symptomatik häufiger über nasale Obstruktion als Nichtallergiker.

Wenn Rauchen also eine Entzündung induziert, müsste sich die Dynamik des nasalen Schwellkörpers bei Körperpositionswechsel ähnlich verhalten wie bei Patienten mit einer Rhinitis. Interessant wäre auch der Zeitraum, in dem sich die durch körperliche Belastung maximal abgeschwollene Nase wieder auf ihren Ausgangswert normalisiert. Genaue Angaben fehlen dazu in der Literatur.

Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf den Schwellungszustand der gesunden und der entzündeten Nasenmukosa ist bekannt (Juto und Lundberg 1984, Fonseca et al 2006, Hilberg et al 1995, Forsyth et al 1983, Schwarz 1998). Hilberg hat bei Allergikern und Nichtallergikern nachgewiesen, dass es im Rahmen einer körperlichen Belastung zu einem Abschwellen der Nasenschleimhäute kommt (Hilberg et al 1995). Er nutzte dazu die akustische Rhinometrie. Die Rhinomanometrie und die Messung mit Nasal-Peak Flow wären ebenfalls Möglichkeiten, doch die Variabilität der Rhinomanometrie ist so ausgeprägt, dass kleinere Schwankungen des Schwellungszustandes der Nasenschleimhaut maskiert werden (Corrado et al 1987).

Die akustische Rhinometrie ist eine relativ neue Methode zur Beurteilung der Geometrie der Nasenhaupthöhle und fand erstmals in der Geschichte der Rhinologie Erwähnung durch Hilberg und seine Mitarbeiter im Jahre 1989 (Hilberg et al 1989). Sie stellt ein objektives Verfahren zur Veranschaulichung nasaler Engstellen dar. Die akustische Rhinometrie basiert auf der Reflektion akustischer Schallwellen am inneren Nasenrelief. Das Untersuchungsprinzip wurde früher ausschließlich zur Betrachtung der tiefen Atemwege genutzt (Jackson et al 1977). Die Methode beruht auf einer zweidimensionalen Darstellung der inneren Nase (siehe Abbildung 1). Die Querschnittsflächen werden in Abhängigkeit des Abstandes vom Naseneingang als typische Messgrößen dargestellt.

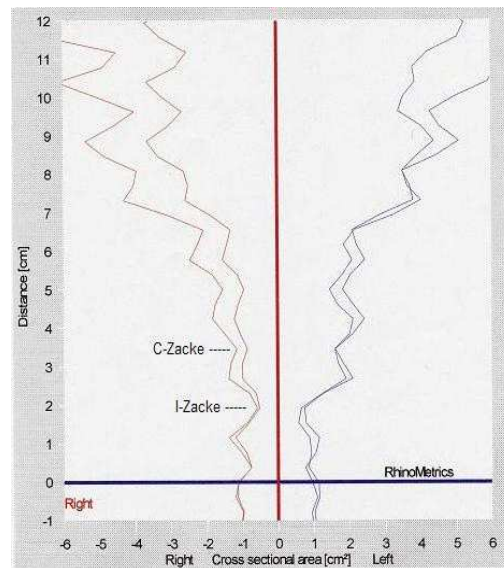


Abbildung 1: Beispiel rhinometrische Messung (Fa. RhinoMetrics A/S, Dänemark).

Die x- Achse beschreibt eine Fläche. Bei der graphischen Darstellung werden die Querschnittsflächen auf der x-Achse und die Distanz der Flächen vom Ostium nasale externum auf der y-Achse abgebildet. Die roten Kurven entsprechen der rechten Nasenseite, die blauen Kurven der linken Nasenseite. Beide Nasenseiten werden somit spiegelbildlich dargestellt. Folgende Parameter werden übereinkunftsgemäß ausgewertet:

I-Zacke ( $biMCA_1$ ): birhine Engstellenfläche im Isthmusbereich

C-Zacke ( $biMCA_2$ ): birhine Engstellenfläche am Kopf der Concha nasalis inferior und der Intumescencia septi.

Aus der Summe der Fläche  $biMAC_1$  und der Fläche  $biMAC_2$  ergibt sich die totale Engstellenfläche  $MAC_t$ . Die Software des RhinoScan Gerätes berechnet außerdem das birhine Nasenvolumen  $biV_1$  und  $biV_2$ , welches zusammengefasst das totale Nasenvolumen  $V_t$  ergibt. Es werden immer die birhinen Engstellenflächen und  $V_t$  betrachtet, um den Nasenzyklus unberücksichtigt zu lassen. Da ich davon ausgehe, dass Rauchen eine durch Noxen induzierte Entzündung in der Nase verursacht und eine Verschwellung der Nasenpassage die Folge sein könnte, eignet sich die akustische Rhinometrie auch wegen ihrer guten Wiederholungskonstanz für meine Untersuchungen.

### 3. Zielstellung

Ziel dieser Arbeit ist die Beantwortung nachfolgender Fragen:

- Ändern sich bei jungen gesunden Rauchern das totale respiratorische Nasenvolumen  $V_t$ , der systolische (RRsys) und diastolische (RRdia) Blutdruck, die Pulsfrequenz (Puls) und die Nasenatmung (NA),
  - 1.) vom Sitzen zum Stehen,
  - 2.) vom Stehen zum Liegen,
  - 3.) vom Liegen zum schnellen Aufstehen,
  - 4.) nach dem Treppenlaufen?
- Wann wird nach dem Liegen bzw. nach dem Treppensteigen der Ausgangswert von  $V_t$  wieder erreicht?
- Gibt es eine Korrelation zwischen der subjektiven Selbsteinschätzung der Nasenatmung mit visueller Analogskala (VAS) und dem mit der akustischen Rhinometrie gemessenen Nasentotalvolumen  $V_t$ ?
- Gibt es Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern?
- Können an Nasenschleimhäuten schon vor kardiovaskulären Schäden, rauchinduzierte, funktionelle Störungen nachgewiesen und diagnostiziert werden?

## **4. Material und Methoden**

### **4.1. Akustische Rhinometrie, RhinoMetrics**

Alle Messungen erfolgten mit dem Gerät RhinoScan der Firma RhinoMetrics A/S im Seminarraum der Hals- Nasen- und Ohrenklinik der Friedrich Schiller Universität Jena. Mittels der akustischen Rhinometrie wird über ein an die Nase adaptiertes Rohr ein kontinuierliches akustisches Signal mit weitem Frequenzspektrum im Gerät erzeugt, welches in das Cavum nasi geleitet wird. An den anatomischen Strukturen des Nasengerüsts werden diese akustischen Signale reflektiert. Der Schallwellenwiderstand innerhalb eines gasgefüllten Raumes wird als Impedanz bezeichnet. Aus Amplituden und Frequenzspektren der reflektierten Wellen lassen sich die Querschnittsflächen des vermessenen Raumes errechnen. Aus der Laufzeit, welche die Schallwelle von der Erzeugung bis zur Registrierung nach der Reflexion benötigt, kann die Distanz eines Querschnittes vom Ostium nasale externum bestimmt werden. Wichtig für das Gelingen der Untersuchung war ein optimaler Verschluss des Ostium nasale externum, ohne das Nasengerüst zu verformen. Dafür standen Nasenadapter in verschiedenen Größen zur Verfügung, die vor Untersuchungsbeginn für jeden Probanden ausgewählt wurden.

Ein Winkel zwischen 45° und 60° wurde dabei eingehalten. Die Verformung des Vestibulums wurde vermieden. Der Patient öffnete leicht den Mund und hielt die Luft an. Die Kurven wurden zwischengespeichert und der Mittelwert aus fünf Messungen errechnet, danach erfolgte die Messung der anderen Nasenseite. Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen die Untersuchungsanordnung mit der akustischen Rhinometrie.



Abbildung 2: Untersuchungsaufbau: Messung im Sitzen



Abbildung 3: Untersuchungsaufbau: Messung im Stehen



Abbildung 4: Untersuchungsaufbau: Messung im Liegen

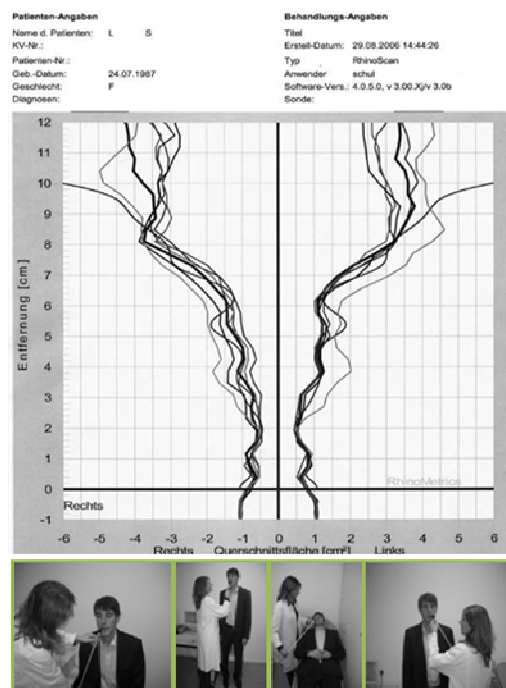


Abbildung 5: Beispiel eines Datenausdrucks der Akustischen Rhinometrie

## 4.2. Auswahl der Probanden

Im Rahmen der Studie wurden 39 Probanden ausgewählt (34 Männer und 5 Frauen) die den Voraussetzungen und den Einschlusskriterien der Studie entsprachen. Die Probanden setzten sich teils aus dem Patientenkontext der Hals-Nasen-Ohrenklinik der FSU Jena, zum Großteil aber aus meinem studentischen Umfeld zusammen.

Bedingungen für das Mitwirken als Proband war das Rauchen von mindestens einer Schachtel Zigaretten (mindestens 17 Stück) am Tag oder der vergleichsweise Konsum des im Handel verfügbaren Tabaks. Die mittlere Rauchdauer lag bei 11 Jahren. Es wurden nur Personen untersucht die sich im Alter zwischen 18 und 37 Jahren befanden, seit mindestens einem Jahr diese Menge an Zigaretten verbrauchten und nasengesund waren. Im Detail bedeutet dies, dass keiner der Probanden anamnestisch Operationen an der Nase hatte, nicht unter allergischer Rhinitis litt und auch sonst keine Vorerkrankungen im Nasenbereich hatte. Beide Nasenhälften waren zum Untersuchungszeitpunkt gut belüftet und durchgängig. Keiner der Probanden gab eine permanente Nasenatmungsbehinderung an. Mit Hilfe einer visuellen Analogskala wurde jeder Teilnehmer zur Selbsteinschätzung seiner subjektiven Nasenatmung angehalten, welches auf einem separaten Bogen festgehalten wurde (*siehe Anhang 12.4.*). Ein medikamentös eingestellter arterieller Hypertonus oder eine Erkrankung an Diabetes mellitus führten zum Ausschluss. In einem Fragebogen (*Siehe Anhang 12.3.*) wurde nach Allergien und Medikamenteneinnahmen gefragt. Die Teilnehmer wurden gebeten über sportlichen Aktivitäten im täglichen Leben, Rauchgewohnheiten in Bezug auf das Rauchen in der Wohnung, am Arbeitsplatz und in der Freizeit Auskunft zu geben.

Der Antrag zur Versuchsdurchführung wurde vorab der Ethikkommission der FSU Jena vorgelegt und genehmigt.

### 4.3. Versuchsaufbau und Durchführung

Die Anwendung der akustischen Rhinometrie ist ein schnelles und nicht-invasives Messverfahren zur exakten Bestimmung und Objektivierung der Durchgängigkeit und Geometrie der Nasenhaupthöhlen. Damit ist es möglich anatomische Engstellen in der Nase zu lokalisieren und zu beurteilen sowie durch aufeinanderfolgende Messungen, wie es bei diesem Versuchsaufbau vorliegt, dynamische Veränderungen zu veranschaulichen. Die akustische Rhinometrie ist in der Anwendung leicht zu handhaben, weder unangenehm noch schmerzhaft und lässt sich in kurzer Zeit ohne Probleme bei fast allen Personen durchführen.

Insgesamt nahmen 39 Probanden an der Untersuchung in der HNO Klinik Jena teil. Davon waren 34 Männer und 5 Frauen. Jedem Probanden wurde bei Ankunft im Untersuchungsraum die Möglichkeit gegeben sich ca. 20 Minuten auf einem Stuhl sitzend an den Raum zu gewöhnen, bevor die Messreihe begonnen wurde. In diesem Zeitraum wurden der Versuchsaufbau, das verwendete Untersuchungsgerät und der Versuchsablauf ausführlich erklärt. Weiterhin erfolgte die Besprechung und das Ausfüllen des Fragebogens. Alle Probanden wurden darauf hingewiesen, dass jederzeit die Möglichkeit besteht, die Untersuchung abzubrechen. Die freiwillige Teilnahme wurde unterschriftlich bestätigt (*siehe Anhang*). Nachdem alle Vorbereitungen besprochen waren, fand stets die vom Hersteller empfohlene Kalibrierung des RhinoScan Gerätes statt. Diese dauert nur kurze Zeit.

Kurz vor Beginn der ersten Messung wurden Blutdruck und Puls gemessen. Dies gilt als Ausgangswert für das Sitzen in Ruhe und wurde bei den folgenden Messungen immer wieder zum Vergleich einer durchgeführten Aktivität oder Ruhephase ermittelt.

An den ersten 19 Teilnehmern erfolgten jeweils neun Messungen mit Hilfe der akustischen Rhinometrie. Bei der ersten Messung saß der zu Untersuchende bereits seit circa 20 Minuten auf einem Stuhl. Eine Nikotinkarenz von mindestens 20 Minuten besteht damit vor der ersten Messung. Jeder Proband wurde angewiesen seine Nasendurchgängigkeit mit Hilfe einer visuellen Analogskala für jede einzelne Messung im Vergleich zur vorausgegangenen Messung einzuschätzen. Anschließend folgte jeweils



zuerst die Messung der rechten Nasenhälfte und direkt danach der linken Nasenhälfte mit akustischer Rhinometrie. Für den optimalen Verschluss des Naseneingangs während der Messung wurde der passende Nasenadapter unter vollständigem Verschluss des Luftweges an das Ostium nasale externum gehalten und der Proband aufgefordert, bei leicht geöffnetem Mund, die Luft anzuhalten. Mit Hilfe des Messgerätes der akustischen Rhinometrie wurde das totale Nasenvolumen und die totale Nasenengstellenfläche aus den Teilvolumina bzw. Teilengstellenflächen jeder Nasenseite errechnet und die Daten im Computer gespeichert. Nach diesem Schema folgten weiter Messungen nach einem genauen Ablaufschema (*siehe Abbildung 15*). Die zweite Messung erfolgte nach acht Minuten, während der Proband in dieser Zeit dazu angefordert wurde, still neben dem Stuhl zu stehen. Wieder wurde, wie auch bei den folgenden Messungen, eine Aufzeichnung mit dem Rhinometrics Gerät entsprechend der Bedienungsanleitung vorgenommen. Parallel wurde bei jeder Messung erneut der Blutdruck und Puls ermittelt und nach der subjektiven Einschätzung der Nasenatmung gefragt. Die dritte Messung erfolgte nach achtminütiger Rückenlage auf einer Liege, eine weitere nachdem der Proband schnell von dieser Liege aufgestanden war. Eine Minute später wurde die fünfte Messung im Stehen durchgeführt. Es folgen noch weitere vier Messungen. Dazu musste der Studienteilnehmer bis in den Keller der HNO Klinik gelangen und von dort aus in einem zügigen Tempo 81 Stufen wieder zurück in den Untersuchungsraum hinaufsteigen. Zu diesem Zeitpunkt bestand eine Nikotinkarenz von mindestens 38 Minuten. Nach Ankunft erfolgte eine sofortige Messung mittels der akustischen Rhinometrie. Ebenso erfolgte die parallele Aufzeichnung von Puls und Blutdruck, um die Kreislaufbelastung darzustellen. Die benötigte Zeit bzw. die Geschwindigkeit, die während des Treppensteigens erreicht wurde, habe ich nicht gemessen. Die weiteren Untersuchungen erfolgten im Sitzen. In zweiminütigem Abstand (Messung 7.- 9.) wurden die seitengetrennten Messungen der Nasenvolumen und Engstellenflächen mit dem RhinoScan Gerät aufgezeichnet. Der Blutdruck, die Pulsfrequenz und die Selbsteinschätzung der Nasenatmung wurden parallel ermittelt. Dieser Versuchsablauf war für alle 39 Probanden gleich. Für den zweiten Teil der Gruppe (Proband 20-39) fügten wir noch zwei weitere Messungen im Sitzen an. Es folgten eine zehnte Messung fünf Minuten später (Nikotinabstinenz bis dahin mindestens 51 Minuten) und noch

eine nach vier Minuten (Messung 11 circa 15 Minuten nach dem Treppenlaufen, Nikotinkarenz mindestens 56 Minuten).

#### 4.4. Der Fragebogen

Im Fragebogen wurden Alter, Wohnort und Krankengeschichte festgehalten sowie nach Rauchgewohnheiten und der Anzahl der täglich konsumierten Zigaretten gefragt. Die Befragung umfasste weiterhin Vorerkrankungen, nächtliches Schnarchen, eingenommene Medikamente und Allergien. Desweiteren wurde jeder Proband nach seiner wöchentlichen sportlichen Betätigung in Stunden befragt. Der nachfolgende Abschnitt gibt einen Überblick zur Auswertung des Fragebogens.

Insgesamt nahmen 39 Personen an der Studie teil. Man kann daraus entnehmen, dass es sich durchaus um eher junge Erwachsene unter den Teilnehmern handelt. Der Altersdurchschnitt beträgt  $27,4 \pm 3,81$  Jahre (von 20 bis 37 Jahre). Der Altersdurchschnitt der Männer lag bei  $28 \pm 3,61$  Jahren, der Altersdurchschnitt der Frauen bei  $23 \pm 1,87$  Jahren.

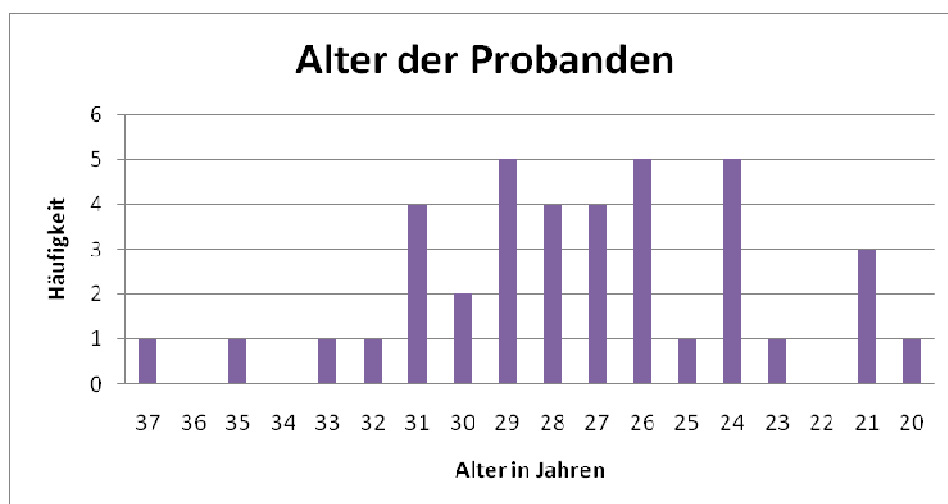


Abbildung 6: Altersübersicht der Probanden

#### 4.4.1. Zigarettenkonsum

Um die durchschnittliche Anzahl der gerauchten Zigaretten zu demonstrieren dient die nachfolgende Abbildung **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Jeder Mitwirkende rauchte -wie bereits erwähnt- mindestens eine Schachtel Zigaretten pro Tag. Die maximale Zigarettenanzahl lag bei 40 Stück und wurde bei zwei Probanden erreicht. Im Durchschnitt rauchten die Probanden  $21 \pm 6$  Zigaretten pro Tag und dies seit durchschnittlich 11 Jahren.

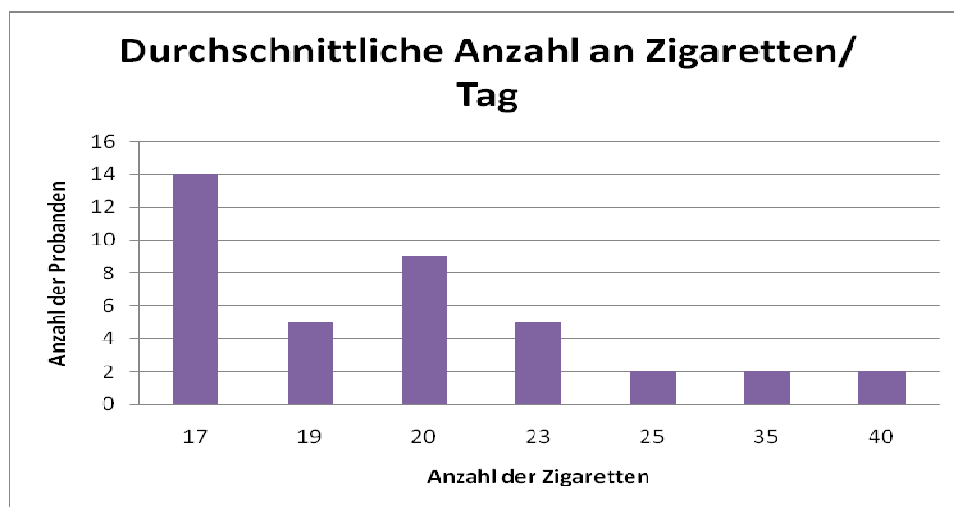


Abbildung 7: Anzahl der gerauchten Zigaretten pro Tag

#### 4.4.2. Überblick zu Rauchgewohnheiten

Die folgende Abbildung verdeutlicht, in welchem täglichen Umfeld der Probanden geraucht wird. Daraus wird ersichtlich, dass alle Probanden in der Freizeit rauchen. Von diesen 39 rauchen 31 ebenfalls am Arbeitsplatz, 24 in der häuslichen Wohnung und 23 im Auto. Zweiundzwanzig Probanden gaben an, auf dem Balkon zu rauchen.

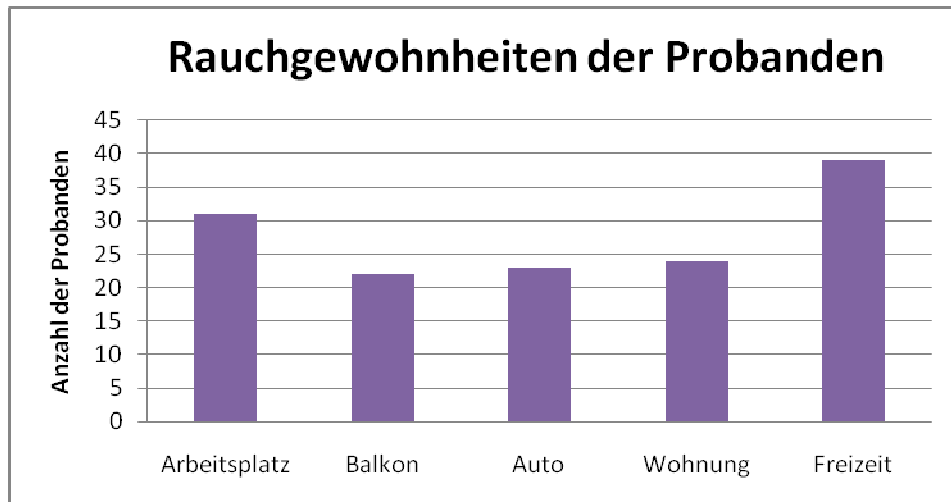


Abbildung 8: Rauchgewohnheiten

#### 4.4.3. Sportliche Alltagsbelastung im Überblick

Die unten stehende Abbildung zeigt eine Übersicht über sportliche Aktivitäten der Probanden. Siebzehn Probanden haben angegeben, keiner sportlichen Betätigung nachzugehen. Von den Probanden, die Sport ausübten, betätigten sich drei eine halbe Stunde pro Woche, sieben eine Stunde pro Woche und ebenfalls sieben zwei Stunden pro Woche. Fünf Probanden gaben drei Stunden Sport pro Woche an, wobei Leistungssport ausgeschlossen wurde.

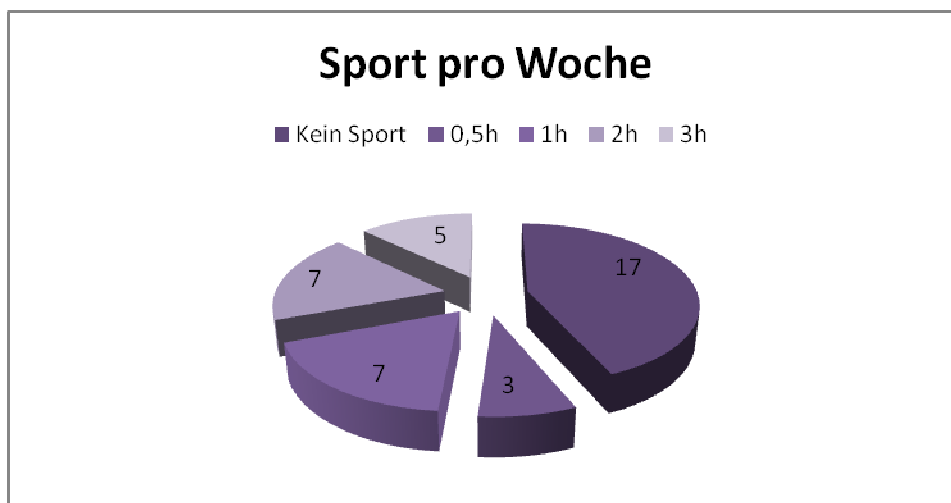


Abbildung 9: Sportliche Aktivitäten in Stunden pro Woche

#### 4.4.4. Medikamenteneinnahme

Die Abbildung 10 zeigt, dass neun Probanden regelmäßig mindestens ein Medikament verwenden. Dabei wurde die Einnahme von Kontrazeptiva bei 3 weiblichen Probanden berücksichtigt. Bei den anderen Medikamenten handelte es sich um Schmerzmittel (Ibuprofen- wegen chronischer Rückenschmerzen, Oxygesic nach Verkehrsunfall). Ein Proband benutzte gelegentlich eine Salbe zur Behandlung von Psoriasis. Andere Medikamente waren Kaliumjodid, Allopurinol, Tebonin, Trevilor und Azopt Augentropfen. Zwei Probanden nahmen zwei Medikamente gleichzeitig ein. Eine Probandin verwendete ein Kontrazeptivum und Kaliumjodid, ein anderer Proband Oxygesic und Azopt- Augentropfen Die anderen 30 Probanden hatten keine Dauermedikation.

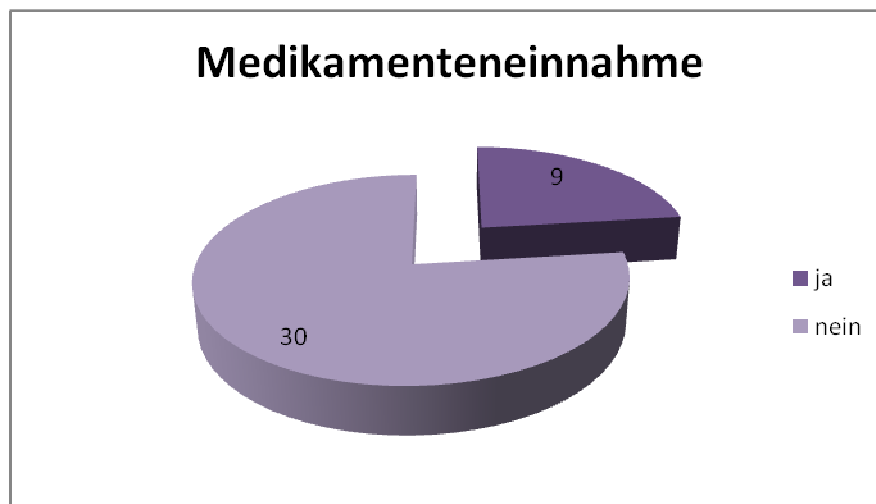


Abbildung 10: Übersicht über die Einnahme von Medikamenten

#### 4.4.5. Überblick zur Allergieanamnese

Die Abbildung 11 zeigt, dass 32 Probanden keine Allergieanamnese aufweisen, sieben dagegen, die aus der Abbildung zu entnehmenden Allergien. Allergische Rhinitis und Asthma bronchiale war bei keinem der Probanden bekannt.

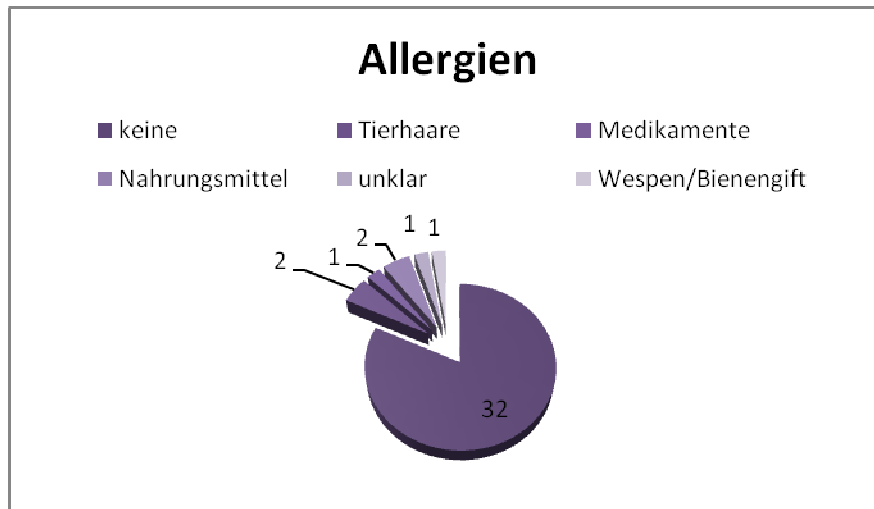


Abbildung 11: Übersicht zur Allergiediagnose

#### 4.4.6. Überblick zum Schnarchen (Anamnese)

Tägliches Schnarchen gaben fünf Probanden im Fragebogen an, acht gelegentliches Schnarchen. Insgesamt 26 Probanden gaben an niemals zu schnarchen.

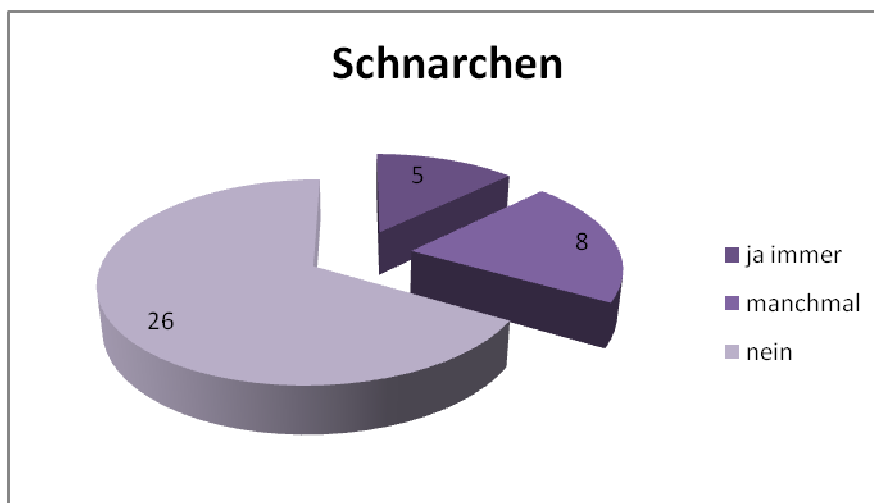


Abbildung 12: Überblick zum nächtlichen Schnarchen

#### **4.4.7. Einschätzung der Nasenatmung**

Zu Beginn jeder Untersuchung schätzten die Probanden mit Hilfe der im Anhang abgebildeten visuellen Analogskala ihre eigene Nasendurchgängigkeit ein. Dabei entspricht der Wert Eins einer ausgezeichneten Nasenatmung, die bei sieben Personen als Ausgangszustand vorlag. Nach subjektiver Einschätzung war bei keinem der Probanden der Ausgangswert schlechter als vier. Unter allen 39 verschlechterte sich die Nasenatmung nie um mehr als 2 Einheiten im Verlauf der folgenden neun bzw. elf Messungen.

#### **4.5.Statistik**

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde das Statistikprogramm SPSS 16.2 für Windows XP verwendet. Für den Mittelwertvergleich der Gruppen wurde der Wilcoxon- Test verwendet. Aufgrund der individuellen Unterschiede der einzelnen Personen und unterschiedlichen anatomischen Voraussetzungen konnte nicht von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt.

## 5. Ergebnisse der akustischen Rhinometrie

### 5.1. Vergleich der einzelnen Parameter zur Ausgangsposition

Es wurden von allen Probanden, die mithilfe der akustischen Rhinometrie gewonnen Daten des Nasenvolumens  $V_t$ , der birhinen Teilvolumina  $V_1$  und  $V_2$  und die Gesamt- und Teilengstellenflächen  $MCA_t$ ,  $MCA_1$  und  $MCA_2$  mit dem Wilcoxon- Test für alle elf Untersuchungszeitpunkte ausgewertet. Dabei war es das Ziel, die Ausgangsmessung im Sitzen mit allen weiteren zehn folgenden Messungen zu vergleichen und physiologische Vorgänge in den Nasenhaupthöhlen in Form des Abschwellens oder Zuschwellens der Nasenschwellkörper zu verbildlichen.

Tabelle 1: Mittelwerte aller Messungen mit Standardabweichung

Parameter	1. Messung (Sitzen)	2. Messung (Stehen)	3. Messung (Liegen)	4. Messung (Aufstehen1)	5. Messung (Aufstehen2)	6. Messung (Treppe1)
$V_t$ [cm <sup>3</sup> ]	12,74± 3,33	12,64± 3,28	11,15± 2,87	11,81± 2,74	11,89± 3,24	15,56±3,03
$biV_1$ [cm <sup>3</sup> ]	3,71± 0,96	3,78± 1,07	3,77± 0,89	3,75± 0,99	3,73± 1,06	4,07± 0,98
$biV_2$ [cm <sup>3</sup> ]	9,03± 2,80	8,85± 2,66	7,38± 2,39	8,06± 2,19	8,16± 2,56	11,49± 2,56
$MCA_t$ [cm <sup>2</sup> ]	2,05± 0,74	2,10± 0,68	1,95±0,58	2,00± 0,67	2,01± 0,77	2,55± 0,64
$biMCA_1$ [cm <sup>2</sup> ]	0,93± 0,34	0,95± 0,36	0,93± 0,29	0,93± 0,34	0,92± 0,38	1,14± 0,36
$biMCA_2$ [cm <sup>2</sup> ]	1,12± 0,47	1,15± 0,43	1,02± 0,35	1,06± 0,39	1,09± 0,44	1,41± 0,39

Parameter	7. Messung (Treppe2)	8. Messung (Treppe3)	9. Messung (Treppe4)	10. Messung (neu1)	11. Messung (neu2)
$V_t$ [cm <sup>3</sup> ]	13,42± 3,04	13,81± 3,41	13,01± 3,17	11,85± 2,41	11,14± 2,24
$biV_1$ [cm <sup>3</sup> ]	3,95± 1,01	3,89± 0,93	3,84± 0,96	3,84± 0,87	3,81± 0,83
$biV_2$ [cm <sup>3</sup> ]	9,47± 2,56	9,92± 2,98	9,17± 2,80	8,01± 2,01	7,33± 1,95
$MCA_t$ [cm <sup>2</sup> ]	2,23± 0,65	2,22± 0,65	2,21± 0,72	2,04± 0,55	2,02± 0,53
$biMCA_1$ [cm <sup>2</sup> ]	1,01± 0,34	0,99± 0,32	1,00± 0,34	0,96± 0,32	0,94± 0,32
$biMCA_2$ [cm <sup>2</sup> ]	1,23± 0,42	1,22± 0,40	1,21± 0,47	1,09± 0,32	1,08± 0,29



Tabelle 2: Auswertung Wilcoxon- Test im Vergleich zur Ausgangssituation

Parameter	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung
	1./ 2.	1./ 3.	1./ 4.	1./ 5.	1./ 6.	1./ 7.
$V_t$	p=0,983	p<0,001↓	p=0,021↓	p=0,026↓	p<0,001↑	p=0,066
$biV_1$	p=0,116	p=0,289	p=0,199	p=0,732	p<0,001↑	p=0,003↑
$biV_2$	p=0,663	p<0,001↓	p=0,004↓	p=0,011↓	p<0,001↑	p=0,130
$MCA_t$	p=0,241	p=0,192	p=0,567	p=0,695	p<0,001↑	p=0,021↑
$biMCA_1$	p=0,146	p=0,777	p=0,428	p=0,931	p<0,001↑	p=0,020↑
$biMCA_2$	p=0,159	p=0,024	p=0,243	p=0,622	p<0,001↑	p=0,045↑

Parameter	Messung	Messung	Messung	Messung
	1./ 8.	1./ 9.	1./10.	1./11.
$V_t$	p=0,028↑	p=0,780	p=0,059	p=0,004↓
$biV_1$	p=0,013↑	p=0,090	p=0,286	p=0,563
$biV_2$	p=0,070↑	p=0,950	p=0,021↓	p=0,003↓
$MCA_t$	p=0,017↑	p=0,079	p=0,563	p=0,401
$biMCA_1$	p=0,031↑	p=0,060	p=0,840	p=0,737
$biMCA_2$	p=0,037↑	p=0,210	p=0,304	p=0,247

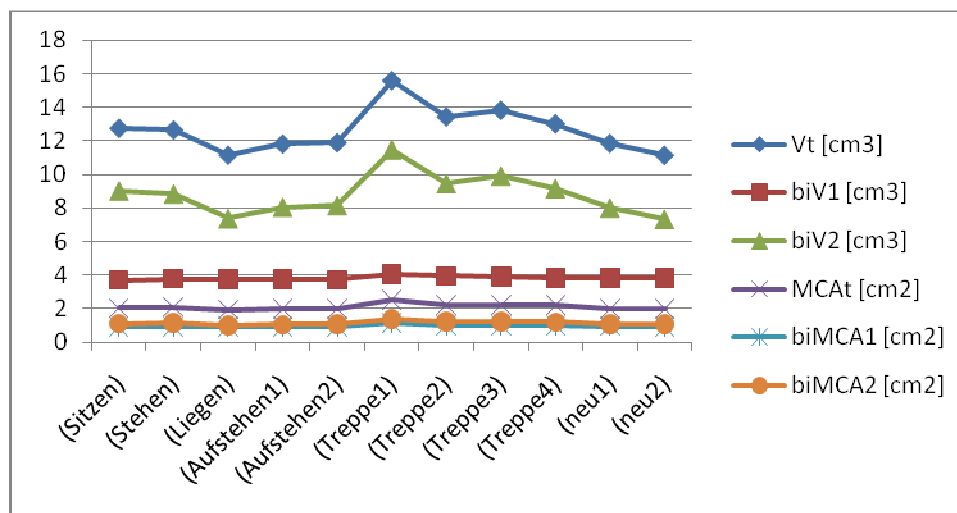


Abbildung 13: Grafische Darstellung der Mittelwertuntersuchung

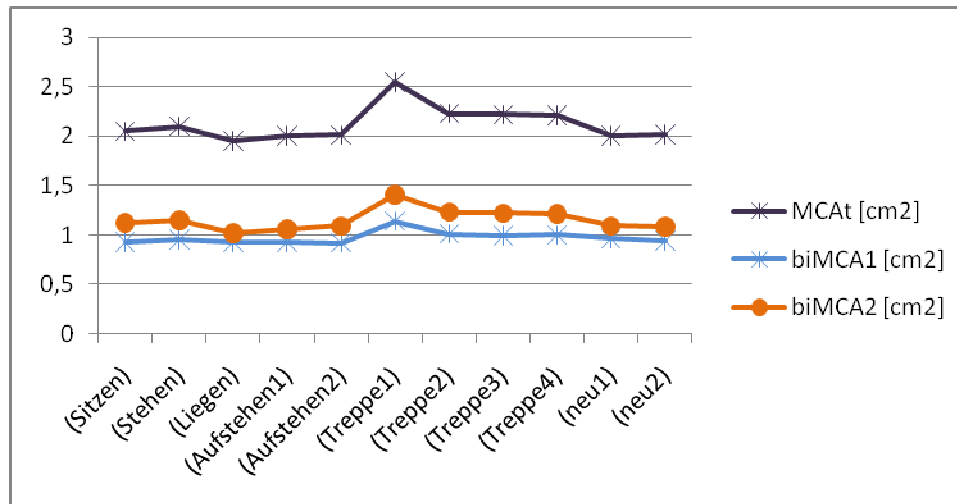


Abbildung 14: Vergrößerte Darstellung ausgewählter Mittelwerte

### 5.1.1. Betrachtung von $V_t$ zur Ausgangsmessung

Zu Beginn der Versuchsreihe, nach Adaptation an den Untersuchungsraum und mindestens zwanzigminütigem Sitzen, ergibt sich im Mittel für die Gesamtprobandenzahl ein Totalvolumen  $V_t$  von  $12,74\text{cm}^3$ . Dieses Gesamtvolumen ändert sich nicht beim Lagewechsel zum Stehen ( $p=0,983$ ). In der folgenden Messung drei, nach achtminütigem Liegen, verkleinert sich das Nasentotalvolumen signifikant auf  $11,15\text{cm}^3$  ( $p<0,001$ ). Es findet ein Zuschwelleffekt der Schleimhäute statt. Im Vergleich zur Ausgangsmessung wird die Nase um  $1,59\text{cm}^3$  enger (12,5%). Ohne wesentliche zeitliche Verzögerung, direkt bei Messung vier, nach dem schnellen Aufstehen bleibt  $V_t$  immer noch um  $0,93\text{cm}^3$  ( $p=0,021$ ) kleiner. Nach 70 Sekunden ist  $V_t$  bei der fünften Messung immer noch signifikant kleiner im Vergleich zur Ausgangssituation ( $p=0,026$ ). Das Totalvolumen beträgt  $11,89\text{cm}^3$ . Nach dem Treppensteigen ist die Nasenpassage deutlich offener.  $V_t$  hat den maximalen Abschwelleffekt dieser Untersuchungsreihe erreicht. Mit  $15,56\text{cm}^3$  kam es zu einer massiven Volumenzunahme um  $2,82\text{cm}^3$  (18%) verglichen mit der Ausgangssituation

( $p<0,001$ ). Zwei Minuten später, bei Messung sieben verzeichnet  $V_t$  keine signifikante Veränderung zur Ausgangssituation ( $p=0,066$ ) mit einem Totalvolumen von  $13,42\text{cm}^3$ .

Dieser Schwelleffekt der Schleimhäute ist auch vier Minuten nach Belastung noch signifikant nachweisbar ( $p=0,028$ ).  $V_t$  bleibt größer als zum Untersuchungsbeginn. Bei Messung neun, sechs Minuten nach dem Treppenlaufen hat  $V_t$  dann seinen Ausgangswert wieder erreicht. Der  $p$ -Wert ist 0,780 und somit gibt es keinen signifikanten Unterschied mehr zur sitzenden Position zu Beginn. Nach weiteren fünf Minuten, also insgesamt elf Minuten nach dem Treppenlaufen wird  $V_t$  tendenziell kleiner als zur Ausgangsposition, jedoch ohne Signifikanz. Es zeigt sich ein Zustand ähnlich des Ausgangswertes. Schließlich kommt es bei Messung elf zu einer signifikanten Verkleinerung des Nasentotalvolumen  $V_t$  ( $p=0,004$ ) verglichen mit der Ausgangsposition.  $V_t$  ist mit einem Volumen von  $11,14\text{cm}^3$  jetzt  $1,60\text{cm}^3$  kleiner als bei Messung eins und hat sich somit über den Ausgangswert hinaus eingepegelt.

### **5.1.2. Betrachtung von $\text{bi}V_1$ zur Ausgangsmessung**

Das Volumen  $\text{bi}V_1$  beträgt zu Beginn der Untersuchung (Messung 1)  $3,71\text{cm}^3$ . Bis einschließlich Messung fünf gibt es keine signifikanten Volumenänderungen zum Ausgangswert. Erst bei Messung sechs, eine Minute nach dem Treppenlaufen kommt es dann zu einer deutlichen Öffnung der Nasenpassage.  $\text{Bi}V_1$  vergrößert sich zur Ausgangsposition um  $0,36\text{cm}^3$  auf  $4,07\text{cm}^3$  ( $p<0,001$ ). An dieser Stelle wird der maximale Abschwelzustand für  $\text{bi}V_1$  in dieser Untersuchungsreihe erreicht. Auch zwei Minuten nach dem Belastungstest ist das birhine Teilvolumen  $V_1$  der Nasenengstellenfläche mit  $3,95\text{cm}^3$  immer noch signifikant größer als bei Messung eins ( $p=0,003$ ). Diese Vergrößerung zum Ausgangswert bleibt auch zwei weitere Minuten später, bei Messung acht signifikant bestehen ( $\text{bi}V_1=3,89\text{cm}^3$ ,  $p=0,013$ ). Bei Messung neun, sechs Minuten nach dem Treppenlaufen ist keine Signifikanz nachweisbar ( $p=0,090$ ), was für ein Erreichen des Ausgangswertes spricht. Das Totalvolumen  $V_1$  von  $3,71\text{cm}^3$  welches im Sitzen gemessen wurde, konnte also bereits zur neunten Messung annähernd erreicht werden. Ein weiterer Abschwelleffekt während der Erholungsphase war nicht mehr nachzuweisen. Auch die beiden letzten Betrachtungspunkte zeigen für  $\text{bi}V_1$  keine signifikanten Veränderungen (Messung 10:  $p=0,286$ , Messung elf:  $p=0,563$ ).

### 5.1.3. Betrachtung von $biV_2$ zur Ausgangsmessung

Das Teilvolumen  $biV_2$  betrug im Mittel bei allen 39 Probanden im Sitzen  $9,03\text{cm}^3$ . Dieses Nasenvolumen änderte sich nicht nach achtminütigem Stehen ( $p=0,663$ ). Nach achtminütigem Liegen zeigte sich hingegen eine deutliche Verschwellung der Schleimhäute ( $p<0,001$ ,  $biV_2=7,38\text{cm}^3$ ). Die Nasenpassage wurde im Liegen verglichen zur ersten Messung um  $1,65\text{cm}^3$  ( $\approx 18\%$ ) verringert. Direkt im Anschluss nach dem schnellen Aufstehen war die Nasenpassage  $biV_2$  mit  $8,06\text{cm}^3$  immer noch kleiner als zur Ausgangssituation ( $p=0,004$ ). Auch eine Minute später beim Aufstehen2 bleibt  $biV_2$  signifikant kleiner als zur Ausgangsposition ( $p=0,011$ ). Nach der nun folgenden Belastungssituation (Treppensteigen) kommt es zu einer signifikanten Öffnung ( $p<0,001$ ) von  $biV_2$  auf  $11,49\text{cm}^3$ , was eine Zunahme zur Ausgangsposition um  $2,46\text{cm}^3$  bedeutete. Auch diesmal wurde an dieser Stelle (Messung 6) das größte Volumen für  $biV_2$  erreicht. Die folgende Messung sieben zeigte keine Veränderung zur Ausgangssituation. Tendenziell war sein Mittelwert mit  $9,47\text{cm}^3$  immer noch größer ( $p=0,130$ ). Auch zwei Minuten später zeigte sich bei Messung acht keine signifikante Änderung des Nasenvolumen  $biV_2$  ( $p=0,070$ ). Somit kann man sagen, dass bereits zwei Minuten nach Belastung keine Änderung mehr zur Ausgangssituation festgestellt werden konnte. Bei den beiden letzten Messungen, die nur bei 20 Probanden zusätzlich durchgeführt wurden, kam es zu einer weiteren Abnahme des Nasenvolumens. Bei Messung zehn, elf Minuten nach dem Treppenlaufen stellt sich eine signifikante Verkleinerung um  $1,02\text{cm}^3$  auf  $8,01\text{cm}^3$  zur Ausgangssituation ( $p=0,021$ ) dar. Bei Messung elf ist  $biV_2$  mit  $7,33\text{cm}^3$  dann immer noch signifikant kleiner ( $p=0,003$ ).

### 5.1.4. Betrachtung von $MAC_t$ zur Ausgangsmessung

Die Betrachtung der Gesamtfläche  $MAC_t$  innerhalb der Nasenhöhle zeigt zum Untersuchungsbeginn einen Mittelwert von  $2,05\text{cm}^2$ . Verglichen mit diesem Ausgangswert ändert sich nichts signifikant während der Lageänderung zum Stehen

( $p = 0,241$ ), zum Liegen ( $p = 0,192$ ) und auch nichts nach dem schnellen Aufstehen (1 und 2), ( $p = 0,567$  bzw.  $p = 0,695$ ). Erst bei Messung sechs, direkt nach der Belastungssituation kommt es zur signifikanten Änderung der totalen Engstellenfläche ( $p < 0,001$ ). Die totale Engstellenfläche  $MAC_t$  vergrößert sich um  $0,50\text{cm}^2$  zur Ausgangsmessung und beträgt somit  $2,53\text{cm}^2$ . Zwei Minuten nach dem Treppensteigen ist  $MAC_t$  verglichen mit der Ausgangsmessung noch um  $0,18\text{cm}^2$  größer ( $p = 0,021$ ). Auch weitere zwei Minuten später ist  $MAC_t$  immer noch mit  $0,17\text{cm}^2$  signifikant größer als zu Beginn der Untersuchung ( $p = 0,017$ ). Sechs Minuten nach der Belastung und auch nach weiteren fünf bzw. neun Minuten zeigt sich dann nur noch tendenziell eine Annäherung zum Ausgangswert für die totale Engstellenfläche  $MAC_t$ . Eine Signifikanz wird nicht erreicht. Demnach lässt sich feststellen, dass die Fläche  $MAC_t$  schon bei der neunten Messung, sechs Minuten nach dem Treppenlaufen den Werten der sitzenden Ausgangsposition entspricht ( $p = 0,079$ ).

#### **5.1.5. Betrachtung von $MAC_1$ zur Ausgangsmessung**

Die totale Engstellenfläche  $biMAC_1$  beträgt in sitzender Position  $0,93\text{cm}^2$ . In diesem Bereich der Nasenhaupthöhle kommt es zu keinen signifikanten Flächenänderungen während des Lagewechsels nach achtminütigem Stehen ( $p = 0,146$ ) zum Liegen ( $p = 0,777$ ) und auch nicht nach dem schnellen Aufstehen 1 ( $p = 0,428$ ) oder Aufstehen 2 ( $p = 0,931$ ). Erst mit dem Belastungstest reagieren die Schleimhäute mit einer Volumenabnahme und es kommt zu einer Vergrößerung der Nasenengstellenteilfläche  $biMAC_1$  um  $0,21\text{cm}^2$  im Vergleich zur ersten Messung ( $p < 0,001$ ). Die Nasenpassage verbessert sich. Das Maximum der Abschwellung wurde erreicht und es zeigte sich sowohl nach der zweiminütigen und nach der vierminütigen Messung weiterhin eine signifikante Vergrößerung der Fläche zur Ausgangsposition. Für  $MAC_1$  wurde sechs Minuten nach dem Treppenlaufen keine signifikante Änderung mehr deutlich ( $p = 0,060$ ). Es wurde also tendenziell die Fläche  $biMAC_1$  zum Untersuchungsbeginn erreicht und auch die letzten beiden Messungen brachten keine anderen Erkenntnisse.

### 5.1.6. Betrachtung von $\text{MAC}_2$ zur Ausgangsmessung

In sitzender ruhender Ausgangssituation beträgt  $\text{biMAC}_2$  im Mittel bei allen 39 Probanden  $1,12\text{cm}^2$ . Keine signifikante Änderung ( $p= 0,159$ ) ergibt sich bei der Lageänderung zum Stehen. Erst als die Probanden nach acht Minuten im Liegen gemessen wurden, zeigte sich eine signifikante Abweichung ( $p= 0,024$ ) zum Ausgangswert im Sitzen. Es kommt zu einer Abnahme der Nasenengstellenfläche um  $0,10\text{cm}^2$  im Vergleich zum Beginn und somit zu einer Verschlechterung des Nasendurchflusses. Nach dem schnellen Aufstehen kommt es zu einer Zunahme der Flächen ohne Signifikanz ( $p= 0,243$ ), verglichen mit der Ausgangsmessung. Auch beim Aufstehen 2 ist kein Unterschied für  $\text{biMAC}_2$  erkennbar ( $p= 0,622$ ). Nachfolgendes Treppensteigen ergab dann wiederum eine signifikante Vergrößerung der Nasenengstellenfläche ( $p< 0,001$ ). Das Maximum des Abschwelleffekts der Schleimhäute für diese Untersuchungsreihe war erreicht. Die Fläche beträgt  $1,41\text{cm}^2$  und vergrößerte sich um  $0,29\text{cm}^2$  (21%). Bei der siebten und achten Messung, je zwei und vier Minuten nach dem Treppenlaufen, zeigte sich weiterhin eine signifikante Veränderung des Querschnitts. Die Nasenengstellenfläche zeigte zwei Minuten nach dem Treppenlaufen noch eine Zunahme von  $0,11\text{cm}^2$  und steigt auch bei Messung acht noch um  $0,09\text{cm}^2$  an. Sechs Minuten nach der Belastungssituation unterschieden sich die im Sitzen erhobenen Mittelwerte nicht mehr von der Ausgangssituation. Die Ausgangssituation war damit erreicht. Bis zum Abschluss der Untersuchung waren keine signifikanten Änderungen zur Ausgangsmessung zu erkennen.

## 5.2. Vergleich der Parameter über die Zeitachse

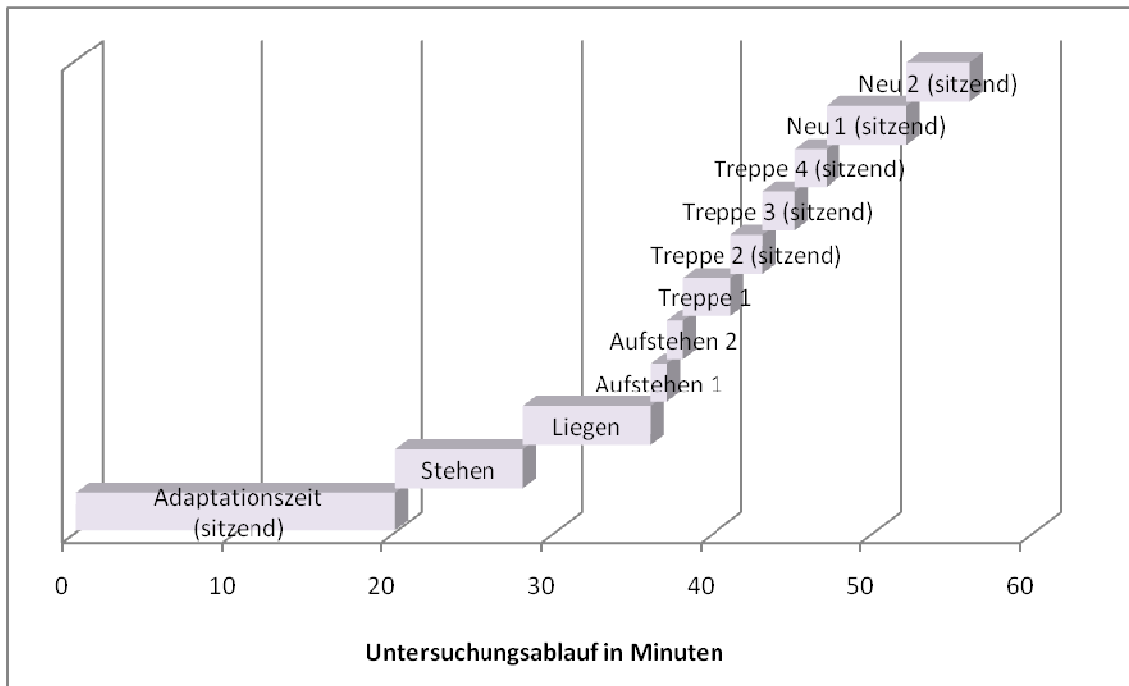


Abbildung 15: Übersicht der einzelnen Messungen entlang der Zeitachse

Tabelle 3: Auswertung Wilcoxon- Test über die Zeitachse

Parameter	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung
	2./3.	2./5.	3./4.	3./5.	4./5.
$V_t$	$p=0,001$	$p=0,004$	$p=0,009$	$p=0,021$	$p=0,372$
$biV_1$	$p=0,816$	$p=0,346$	$p=0,417$	$p=0,296$	$p=0,856$
$biV_2$	$p=0,001$	$p=0,004$	$p=0,009$	$p=0,021$	$p=0,372$
$MCA_t$	$p=0,072$	$p=0,032$	$p=0,357$	$p=0,619$	$p=0,581$
$biMCA_1$	$p=0,667$	$p=0,128$	$p=0,965$	$p=0,472$	$p=0,839$
$biMCA_2$	$p=0,004$	$p=0,053$	$p=0,173$	$p=0,114$	$p=0,338$

Parameter	Messung	Messung	Messung	Messung
	5./6.	6./7.	6./8.	7./8.
$V_t$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p=0,225$
$biV_1$	$p<0,001$	$p=0,031$	$p=0,001$	$p=0,312$
$biV_2$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p=0,225$
$MCA_t$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p=0,645$
$biMCA_1$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p=0,001$	$p=0,717$
$biMCA_2$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p=0,940$

Parameter	Messung	Messung	Messung	Messung
	8./9.	9./10.	9./11.	10./11.
$V_t$	p=0,009	p=0,872	p=0,005	p=0,021
$biV_1$	p=0,739	p=0,896	p=0,709	p=0,809
$biV_2$	p=0,009	p=0,765	p=0,001	p=0,017
$MCA_t$	p=0,430	p=0,167	p=0,083	p=0,641
$biMCA_1$	p=0,722	p=0,165	p=0,048	p=0,794
$biMCA_2$	p=0,364	p=0,231	p=0,156	p=0,709

### 5.2.1. Betrachtung von $V_t$ in der Zeitachse

Mit dem Beginn der Untersuchung beträgt der Mittelwert von  $V_t$   $12,74 \text{ cm}^3$ . Messung zwei zeigt keine Veränderung zur Ausgangsmessung. Bei Messung drei nach achtminütigem Liegen wird  $V_t$  dann signifikant kleiner. Es wird deutlich, dass beim Lagewechsel vom Stehen (Messung 2) zum Liegen (Messung 3) eine signifikante Verschwellung der Schleimhäute von  $12,64 \text{ cm}^3$  auf  $11,15 \text{ cm}^3$  stattgefunden hat ( $p=0,001$ ). Beim Vergleich der Lagepositionen vom Liegen zum schnellen Aufstehen lässt sich dann wieder eine deutliche Abnahme der Schleimhautschwellung erkennen. Das Totalvolumen  $V_t$  vergrößert sich um  $0,66 \text{ cm}^3$  auf  $11,81 \text{ cm}^3$  im Vergleich zu Messung drei ( $p=0,012$ ). Auch bei Messung fünf, 70 Sekunden nach dem schnellen Aufstehen besteht der Schwelleneffekt verglichen mit Messung drei weiterhin. Es kommt zu einer geringen signifikanten Zunahme von  $0,07 \text{ cm}^3$  innerhalb einer Minute auf  $11,89 \text{ cm}^3$  ( $p=0,009$ ). Zwischen der Messung vier und fünf zeigt sich allerdings keine signifikante Zunahme. Lediglich ein Trend zur Öffnung der Nasenpassage ist erkennbar ( $p=0,372$ ). Im Anschluss erfolgte die Belastung in Form vom Treppenlaufen. Das Totalvolumen zeigt hier eine massive Zunahme von  $V_t$  um  $3,67 \text{ cm}^3$  auf  $15,56 \text{ cm}^3$  im Vergleich zur vorherigen Messung ( $p<0,001$ ). Es kam also zu einem ausgeprägten Abschwelleffekt der Schleimhäute unter der Alltagsaktivität. Im Folgenden bei Messung sieben, zwei Minuten nach dem Treppenlaufen lag das Volumen  $V_t$  immer noch bei  $13,42 \text{ cm}^3$ , aber dennoch jetzt  $2,14 \text{ cm}^3$  kleiner, als unter körperlicher Belastung (Messung 6). Es verdeutlicht sich also wieder eine signifikante Zunahme der Schleimhautschwellung ( $p<0,001$ ). Dieser Effekt der Schwellungszunahme ist auch bei Messung acht verglichen mit Messung sechs signifikant nachweisbar ( $p<0,001$ ). Es



kommt bereits wenige Minuten nach körperlicher Aktivität zu einer Verengung der Nasenpassage. Ausgehend von Messung acht, kommt es zwei Minuten später zu einer weiteren signifikanten Volumenabnahme in der Nasenhaupthöhle auf  $13,01\text{cm}^3$  ( $p=0,009$ ). Im weiteren Verlauf zeigt sich dann bei Messung zehn kein Unterschied zur vorherigen Messung (der Ausgangswert wurde bei Messung 9 erreicht). Es ist also keine signifikante Änderung in der Nasenhaupthöhle von Messung neun zu Messung zehn zu verzeichnen. Erst wieder im Vergleich von Messung neun mit Messung elf wird eine stetige signifikante ( $p=0,005$ ) Volumenabnahme bis auf  $11,14\text{cm}^3$  deutlich. Diese lässt sich auch im Vergleich zwischen Messung zehn und elf signifikant ( $p=0,021$ ) nachweisen. Das Gesamtvolumen  $V_t$  verkleinert sich also ausgehend von Messung neun mit  $13,01\text{cm}^3$  nach fünf Minuten auf  $11,85\text{cm}^3$  und erreicht dann schließlich nach weiteren vier Minuten bei der letzten Messung  $11,14\text{cm}^3$ .

### 5.2.2. Betrachtung von $\text{biV}_1$ in der Zeitachse

Das Nasenteilvolumen  $\text{biV}_1$  zeigt ausgehend von einem Volumen von  $3,71\text{cm}^3$  zu Beginn der Untersuchung bis zur fünften Messung keine signifikanten Veränderungen. Im Mittel beträgt es bei Messung fünf dann  $3,73\text{cm}^3$ . Dieses ändert sich nach der Belastungssituation signifikant ( $p<0,001$ ). Es kommt zu einem deutlichen Abschwellegeffekt der Schleimhäute in der Nasenhaupthöhle bei Messung sechs.  $\text{BiV}_1$  beträgt  $4,07\text{cm}^3$  und ist somit  $0,34\text{cm}^3$  größer als vor dem Treppenlaufen. Zwei Minuten später ergibt sich bei Messung sieben, dass die Schleimhäute wieder signifikant an Volumen zunehmen ( $p=0,031$ ). Eine Verkleinerung von  $\text{biV}_1$  auf  $3,95\text{cm}^3$  kann in der Nasenhaupthöhle nachgewiesen werden. Die Verengung der Nasenpassage bestätigt sich weiterhin, wenn man Messung acht vier Minuten nach der Belastung betrachtet. Auch hier besteht eine weitere signifikante Volumenabnahme auf  $3,89\text{cm}^3$ , verglichen mit Messung sechs ( $p=0,001$ ). In den darauffolgenden Messungen werden keine signifikanten Änderungen für  $\text{biV}_1$  in der Nasenhaupthöhle erkennbar. Beim Vergleich der Messungen 7./8. und 8./9. ist kein signifikanter Unterschied mehr zu erkennen ( $p=0,739$ ), der Ausgangswert war erreicht. Die folgenden Messungen 9./10.

und 10./11. zeigen keinen signifikanten p-Wert. Bei Messung elf hat  $biV_1$  ein Volumen von  $3,81\text{cm}^3$ .

### **5.2.3. Betrachtung von $biV_2$ in der Zeitachse**

Zu Beginn der Untersuchung ist  $biV_2$   $9,03\text{cm}^3$  und ändert sich beim Lagewechsel zum Stehen nicht. Beim Betrachten der Messung drei (im Liegen) zeigt sich dann aber eine signifikante Veränderung ( $p= 0,001$ ). Beim Lagewechsel vom Stehen zum Liegen wird das Volumen  $biV_2$  von  $8,85\text{cm}^3$  um  $1,47\text{cm}^3$  kleiner. Es findet eine Verschwellung der Schleimhäute und somit Verkleinerung der Nasenpassage statt. Nachdem der Proband von der Untersuchungsfläche schnell aufgestanden war, zeigte sich dann verglichen mit der liegenden Position, wieder eine Vergrößerung in der Nasenhaupthöhle von  $7,38\text{cm}^3$  auf  $8,06\text{cm}^3$  ( $p= 0,009$ ). Das für den Nasendurchfluss zur Verfügung stehende Nasenvolumen war signifikant besser. Dieses zeigte sich auch eine Minute später. Das Volumen war bei Messung fünf um weitere  $0,10\text{cm}^3$  signifikant größer geworden als bei Messung drei ( $p= 0,021$ ). Vergleicht man Messung vier und fünf direkt miteinander zeigen sich keine signifikanten Veränderungen. Im Mittelwert betrug  $biV_2$  zur fünften Messung  $8,16\text{cm}^3$ . Bei der darauf folgenden Aktivität, Messung sechs, kam es dann zu einer massiven Volumenzunahme um  $3,33\text{cm}^3$  auf  $11,49\text{cm}^3$  und somit zu einer deutlichen Öffnung der Nasenpassage ( $p< 0,001$ ). Bei der Betrachtung des nächsten Messpunktes zeigte sich dann wieder eine rückläufige Volumenänderung. Die Nasenpassage verkleinerte sich bereits signifikant zwei Minuten später, bei Messung sieben, um  $2,02\text{cm}^3$  verglichen mit Messung sechs ( $p< 0,001$ ). Zwischen Messung sieben und acht konnte keine Veränderung nachgewiesen werden. Vergleicht man allerdings Messung sechs mit der Messung acht, vier Minuten später, so ergibt sich auch dort eine signifikante Volumenabnahme. Dieser Zuschwelleffekt der Schleimhäute setzt sich auch in der folgenden Messung fort. Bei Messung neun beträgt  $biV_2$   $9,17\text{cm}^3$ , was eine Volumenabnahme zur vorherigen Messung um  $0,75\text{cm}^3$  bedeutet ( $p=0,017$ ). Vergleicht man Messung neun mit Messung elf kommt es zu einer weiteren Volumenabnahme auf  $7,33\text{cm}^3$ . Zwischen der neunten und zehnten Messung konnte dies allerdings nicht signifikant nachgewiesen werden. Im Mittelwert zeigte

sich für Messung zehn ein Volumen von  $8,01\text{cm}^3$ , welches deutlich kleiner im Vergleich zur Messung neun war ( $p= 0,765$ ). Betrachtet man abschließend  $\text{biV}_2$  für die elfte Messung, so ergibt sich dort eine weitere signifikante Volumenabnahme auf  $7,33\text{cm}^3$ .

#### **5.2.4. Betrachtung von $\text{MAC}_t$ in der Zeitachse**

Die totale Nasenengstellenfläche  $\text{MAC}_t$  hat zum Untersuchungsbeginn eine Größe von  $2,05\text{cm}^2$ . Daran ändert sich auch nach acht Minuten im Stehen nichts signifikant. Die Fläche beträgt bei Messung zwei  $2,10\text{cm}^2$ . Auch nach achtminütigem Liegen gibt es keine signifikante Veränderung zur Messung im Stehen. Die Fläche nimmt um tendenziell  $0,15\text{cm}^2$  ab. Vergleicht man die darauf folgenden Messungen bis zum schnellen Aufstehen 1, lässt sich kein signifikanter Unterschied deutlich machen. Erst nach der körperlichen Belastungssituation zeigen sich für  $\text{MAC}_t$  deutliche signifikante Unterschiede. Es findet eine Zunahme der Nasenengstellenfläche, von Messung fünf ausgehend, mit  $2,01\text{cm}^2$  auf  $2,55\text{cm}^2$  nach dem Treppenlaufen statt ( $p< 0,001$ ). Somit kommt es zu einer Vergrößerung der Nasenpassage von  $0,54\text{cm}^2$ . Nachdem bei Messung sechs ein Maximum der Schleimhautabschwellung erreicht wurde, kommt es in der folgenden Messung wieder zu einer Abnahme der Nasenengstellenfläche. Bereits zwei Minuten später (Messung 7) beträgt  $\text{MAC}_t$  noch  $2,23\text{cm}^2$ . Es kam also zu einer weiteren signifikanten Abnahme im Vergleich zu Messung sechs um  $0,32\text{cm}^2$  ( $p< 0,001$ ). Wenn man weiter Messung acht mit der Belastungssituation vergleicht, kommt es auch hierbei zu einer weiteren signifikanten Verkleinerung der totalen Engstellenfläche auf  $2,22\text{cm}^2$  ( $p< 0,001$ ). Es zeigt sich also, dass nach vier Minuten die Durchflussrate in der Nasenhaupthöhle immer noch abnimmt. Ein Vergleich zwischen den Messungen sieben und acht bringt keine signifikanten Ergebnisse. Es zeichnet sich aber ein Trend der Volumenabnahme zwischen Messung acht ( $2,22\text{cm}^2$ ) und neun ( $2,21\text{cm}^2$ ) ab. Der Ausgangswert wurde zum Zeitpunkt der neunten Messung erreicht. Es zeigt sich dann lediglich eine tendenzielle Abnahme der Nasenengstellenfläche. Beim Vergleich der Messung neun und Messung zehn verkleinert sich die Nasenengstellenfläche auf  $2,04\text{cm}^2$  ( $p= 0,167$ ). Die Fläche von  $\text{MAC}_t$  beträgt zum Abschluss der Untersuchung bei Messung elf  $2,02\text{cm}^2$ .

### 5.2.5. Betrachtung von $MAC_1$ in der Zeitachse

In sitzender Ausgangsposition betrug die Nasenengstellenfläche  $MAC_1$  im Mittel aller 39 Probanden  $0,93\text{cm}^2$ . Beim Lagewechsel zum Stehen und zum Liegen zeigten sich hierbei keine signifikanten Änderungen an den Schleimhäuten. Die nachfolgenden Messungen nach schnellem Aufstehen<sup>1</sup> und <sup>2</sup> zeigten keine signifikanten Veränderungen untereinander. Bei Messung fünf beträgt  $MAC_1$   $0,92\text{cm}^2$ . Dieses ändert sich zur Messung sechs signifikant, nachdem die Probanden Treppen laufen mussten ( $p < 0,001$ ). Es kam zu einer deutlichen Vergrößerung der Nasenengstellenfläche um  $0,22\text{cm}^2$  auf  $1,14\text{cm}^2$ . Bereits nach zwei Minuten konnte schon ein einsetzender Schwellungseffekt der Schleimhäute erfasst werden. In Messung sieben verkleinerte sich die Engstellenfläche im Vergleich zur Messung sechs um  $0,13\text{cm}^2$ . Auch vier Minuten später (bei Messung 8), schwillt die Nase weiterhin signifikant zu ( $p < 0,001$ ). Sechs Minuten nach dem Treppenlaufen kann man dann keine signifikanten Abweichungen mehr feststellen. Sowohl zwischen Messung neun und zehn als auch Messung zehn und elf gibt es keinen Unterschied. Es zeigt sich allerdings beim Vergleich der neunten Messung, also sechs Minuten nach Belastung, mit der elften Messung, weitere 11 Minuten später, dass es weiterhin zu einer Verkleinerung des Nasenflusses kommt. Die Fläche verkleinert sich signifikant von  $1,00\text{cm}^2$  auf  $0,94\text{cm}^2$  zum Ende der Untersuchung ( $p = 0,048$ ).

### 5.2.6. Betrachtung von $MAC_2$ in der Zeitachse

Die Nasenengstellenfläche  $MAC_2$  zeigt ausgehend von einem Mittelwert im Sitzen von  $1,12\text{cm}^2$  während des Liegens, des schnellen Aufstehens bis zum Aufstehen<sup>2</sup> keine signifikanten Abweichungen. Nach dem Treppenlaufen kommt es dann zu einer Flächenzunahme im Vergleich zu Messung fünf. Die Fläche vergrößert sich von  $1,09\text{cm}^2$  um  $0,32\text{cm}^2$  auf  $1,41\text{cm}^2$  ( $p < 0,001$ ). Es zeigt sich ein deutlicher Abschwelleffekt der Schleimhaut in der Nasenhaupthöhle. Diese Fläche verringert sich wieder zwei Minuten später signifikant um  $0,18\text{cm}^2$  bei Messung sieben ( $p < 0,001$ ). Ebenfalls

signifikant stellt sich die Messung acht im Vgl. zur Messung sechs dar. Die Fläche hat nach dem Treppenlaufen innerhalb von vier Minuten von  $1,41\text{cm}^2$  (Messung 6) auf  $1,22\text{cm}^2$  (Messung 8) abgenommen. Betrachtet man die weiteren Messungen sieben und acht und auch die noch folgenden Messungen neun (und zehn) bis elf untereinander, finden keine Schwellreaktionen im Nasenengstellenbereich 2 mehr statt (der Ausgangswert wurde ab Messung 9 erreicht).

## 6. Statistische Untersuchung der Probandengruppe

Im Verlauf der Untersuchungsreihe sind zwei weitere Messungen für 20 Probanden hinzugekommen. Es galt zu untersuchen, ob sich diese beiden Gruppen ähnlich verhalten und somit gemeinsam betrachtet werden können. Es wurden die Daten der akustischen Rhinometrie der ersten Gruppe mit 19 Probanden mit den Daten der zweiten Gruppe (20 Probanden) verglichen. Als statistischer Test wurde der Wilcoxon Test verwendet.

Tabelle 4: Auswertung der Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2

Parameter	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung
	(Sitzen)	(Stehen)	(Liegen)	(Aufstehen1)	(Aufstehen2)
	Gruppe1/2	Gruppe1/2	Gruppe1/2	Gruppe1/2	Gruppe1/2
<b>Vt</b>	p=0,777	p=0,825	p=0,295	p=0,748	p=0,469
<b>biV1</b>	p=0,673	p=0,520	p=0,984	p=0,629	p=0,825
<b>biV2</b>	p=0,778	p=1,000	p=0,260	p=0,355	p=0,387
<b>MACT</b>	p=0,494	p=0,171	p=0,748	p=0,314	p=0,748
<b>MAC1</b>	p=0,469	p=0,053	p=0,763	p=0,260	p=0,629
<b>MAC2</b>	p=0,533	p=0,494	p=0,732	p=0,615	p=0,936

Parameter	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung
	(Treppe1)	(Treppe2)	(Treppe3)	(Treppe4)
	Gruppe1/2	Gruppe1/2	Gruppe1/2	Gruppe1/2
<b>Vt</b>	p=0,295	p=0,629	p=0,520	p=0,159
<b>biV1</b>	p=0,685	p=0,856	p=1,000	p=0,809
<b>biV2</b>	p=0,159	p=0,494	p=0,573	p=0,107
<b>MACT</b>	p=0,968	p=0,520	p=0,679	p=0,936
<b>MAC1</b>	p=0,920	p=0,984	p=0,872	p=0,520
<b>MAC2</b>	p=0,687	p=0,872	p=0,632	p=0,687

Wie anhand der Tabellen zu entnehmen ist, zeigen sich zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Beide Teilgruppen gehören einer Grundpopulation an und können zusammen betrachtet werden.

## 7. Ergebnisse und Auswertung Blutdruck und Puls

### 7.1. Ergebnisse von Blutdruck und Puls im Vergleich zur Ausgangsmessung

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichung zu jeder einzelnen Messung

Parameter	1.Messung			2.Messung			3.Messung		
	(Sitzen)			(Stehen)			(Liegen)		
	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]
<b>MW</b>	120	80	81	118	79	87	115	72	70
<b>STABW</b>	9	10	11	10	8	11	9	10	10

Parameter	4.Messung			5.Messung			6.Messung		
	(Aufstehen1)			(Aufstehen2)			(Treppe1)		
	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]
<b>MW</b>	120	80	84	122	79	87	143	88	108
<b>STABW</b>	8	8	11	13	9	14	15	12	18

Parameter	7.Messung			8.Messung			9.Messung		
	(Treppe2)			(Treppe3)			(Treppe4)		
	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]
<b>MW</b>	131	81	87	125	79	84	122	77	83
<b>STABW</b>	13	8	15	9	8	10	9	10	10

Parameter	10.Messung			11.Messung		
	(neu1)			(neu2)		
	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]
<b>MW</b>	121	79	83	121	79	82
<b>STABW</b>	7	8	9	8	8	10

Tabelle 6: Auswertung Blutdruck und Puls mit Wilcoxon- Test

Messung	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]
1./2.	p=0,091	p=0,544	p<0,001
1./3.	p=0,006	p<0,001	p<0,001
1./4.	p=0,801	p=0,823	p=0,073
1./5.	p=0,831	p=0,613	p=0,008
1./6.	p<0,001	p<0,001	p<0,001
1./7.	p<0,001	p=0,131	p=0,006
1./8.	p=0,002	p=0,492	p=0,070
1./9.	p=0,163	p=0,039	p=0,133
1./10.	p=0,702	p=0,083	p=0,251
1./11.	p=0,717	p=0,115	p=0,409

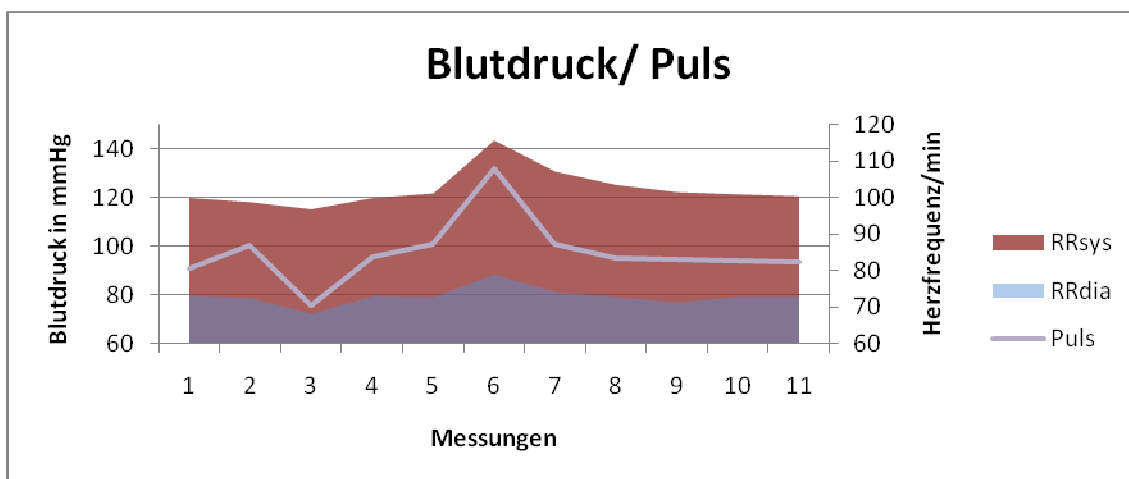


Abbildung 16: Übersicht Blutdruck und Puls für alle elf Messungen (39 Probanden)

Nachdem die Probanden die Möglichkeit hatten, sich an den Untersuchungsraum zu gewöhnen, wurde vor Beginn der Messungen bei allen Teilnehmern der Ausgangsblutdruck und Puls in ruhiger sitzender Position gemessen. Daraus ergab sich für alle 39 Probanden ein Mittelwert von 120/80mmHg für den Blutdruck und 81/min für die Herzfrequenz. Bei der zweiten Messung nach achtminütigem Stehen kam es zu keiner signifikanten Änderung des diastolischen bzw. systolischen Wertes ( $p_{\text{dia}} = 0,544$ ,  $p_{\text{sys}} = 0,091$ ). Vergleicht man allerdings die Pulsraten von Messungen eins und zwei, zeigt sich dort eine signifikante Zunahme von 81/min auf 87/min ( $p < 0,001$ ). Acht



Minuten später (bei Messung 3 im Liegen), zeigte sich für den systolischen und den diastolischen Blutdruckwert eine signifikante Abnahme im Vergleich zur Ausgangsmessung. Der Blutdruck war 115/72mmHg ( $p_{\text{dia}} < 0,001$ ;  $p_{\text{sys}} = 0,006$ ). Auch die Pulsrate verkleinerte sich signifikant bei Messung drei auf 70/min, die zuvor bei Messung eins noch 81/min betrug ( $p < 0,001$ ). Bei der Betrachtung der vierten Messung nach dem Aufstehen zeigt sich keine signifikante Veränderung zur Ausgangssituation. Die Werte sind tendenziell denen zu Beginn der Untersuchung ähnlich. Der Blutdruck erreicht im Mittel wieder 120/80mmHg ( $p_{\text{dia}} = 0,823$ ,  $p_{\text{sys}} = 0,801$ ) und die Herzfrequenz liegt bei 84/min ( $p = 0,073$ ). Eine Minute später (Messung 5) gibt es bezüglich des Blutdrucks keinen signifikanten Unterschied zur ersten Messung. Allerdings schlägt der Puls zur Ausgangsposition signifikant um vier Herzschläge schneller als im Sitzen ( $p = 0,004$ ). Nach dem Treppenlaufen kommt es zu einer ausgeprägten Zunahme aller betrachteten Parameter. Der Blutdruck erhöhte sich von 120/80mmHg (Messung 1) auf 143/88mmHg bei Messung sechs ( $p_{\text{dia}}$  und  $p_{\text{sys}} < 0,001$ ). Die Pulsrate steigerte sich auf 108/min, ausgehend von 81/min zu Beginn im Sitzen ( $p < 0,001$ ). Zwei Minuten nach dem Treppensteigen erkennt man immer noch eine signifikante Vergrößerung des systolischen Blutdruckwertes im Vergleich zur Ausgangsmessung. Der Blutdruck lag bei Messung sieben bei 131/81mmHg ( $p_{\text{sys}} < 0,001$ ). Der diastolische Blutdruckwert zeigt keine signifikante Veränderung zum Ausgangswert ( $p_{\text{dia}} = 0,131$ ) (Ausgangswert für diastolischen Mittelwert erreicht). Die Frequenz des Herzens weist aber immer noch eine Erhöhung von sechs Schlägen pro Minute (87min) zum Sitzen auf. Bei Messung acht, vier Minuten nach dem Treppenlaufen kann weiterhin eine signifikante Vergrößerung des systolischen arteriellen Mitteldruckes nachgewiesen werden (vgl. Messung eins). Der Blutdruck beträgt 125/79mmHg, wobei der diastolische Wert keine signifikanten Änderung zur ersten Messung ergibt ( $p_{\text{dia}} = 0,492$ ,  $p_{\text{sys}} = 0,002$ ). Die Pulsrate ist mit 84/min nicht mehr vom Ausgangswert verschieden ( $p = 0,070$ ). Sechs Minuten nach dem Treppensteigen (bei Messung 9), ist der systolische Wert zum Ausgangswert unverändert ( $p_{\text{sys}} = 0,163$ ). Der diastolische Wert ist im Vergleich zur ersten Messung mit 77mmHg signifikant kleiner. Die beiden Messungen zehn und elf sind nicht vom Ausgangswert verschieden. Der mittlere Blutdruck ergibt bei Messung elf 121/79mmHg und der Puls hat einen Wert von 82/min.

## 7.2. Ergebnisse Blutdruck und Puls entlang der Zeitachse

Tabelle 7: Auswertung Blutdruck und Puls entlang der Zeitachse mit Wilcoxon- Test

Messung	RRSys [mmHg]	RRDia [mmHg]	Puls [1/min]
2./3.	p=0,085	p<0,001	p<0,001
2./5.	p=0,141	p=0,988	p=0,306
3./4.	p=0,020	p<0,001	p<0,001
3./5.	p=0,002	p<0,001	p<0,001
4./5.	p=0,261	p=0,366	p=0,112
5./6.	p<0,001	p<0,001	p<0,001
5./7.	p<0,001	p=0,044	p=0,717
5./8.	p=0,015	p=0,825	p=0,056
6./7.	p<0,001	p<0,001	p<0,001
6./8.	p<0,001	p<0,001	p<0,001
7./8.	p<0,001	p=0,017	p=0,035
7./9.	p<0,001	p=0,001	p=0,040
8./9.	p=0,012	p=0,101	p=0,689
9./10.	p=0,472	p=0,152	p=0,924
9./11.	p=0,203	p=0,213	p=0,443
10./11.	p=0,693	p=0,571	p=0,794

Ausgehend von einem mittleren Blutdruck von 120/80mmHg und einer Herzfrequenz von 81/min im Sitzen, zeigt sich beim Lagewechsel zum Stehen nur eine signifikante Zunahme der Pulsrate auf 87/min (siehe Abschnitt 6.1). Im Stehen lag der Blutdruck im Mittel bei 118/79mmHg. Vergleicht man diesen mit der dritten Messung nach achtminütigem Liegen, so verändert sich der systolische Wert nicht ( $p_{\text{sys}} = 0,085$ ). Der diastolische Wert sinkt signifikant auf 72mmHg ( $p_{\text{dia}} < 0,001$ ). Auch die Pulsfrequenz wird vom Stehen zum Liegen um 17 Schläge pro Minute langsamer ( $p < 0,001$ ). Vergleicht man Messung drei und Messung vier, dann steigen alle gemessenen Parameter nach dem schnellen Aufstehen signifikant an. Der Blutdruck ist von 115/72mmHg auf 120/80mmHg angestiegen ( $p_{\text{sys}} = 0,045$ ,  $p_{\text{dia}} < 0,001$ ). Auch die Pulsfrequenz steigerte sich von 70/min auf 84 Schläge/min ( $p < 0,001$ ). Diese Zunahme ist eine Minute später, bei Messung fünf im Vergleich zur dritten Messung auch noch vollständig nachweisbar. Der Blutdruck beträgt nach dem schnellen Aufstehen 2 122/79mmHg und der Puls 87/min. Im Vergleich der Messungen vier und fünf gibt es keine signifikanten Unterschiede für  $RR_{\text{dia}}$ ,  $RR_{\text{sys}}$  und der Pulsrate. Dies ändert sich sehr

deutlich nach dem Treppenlaufen. Es kommt zu einem signifikanten Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdruckes auf 143/88mmHg ( $p_{\text{sys}} + p_{\text{dia}} < 0,001$ ) und ebenso zu einer signifikanten Frequenzsteigerung des Herzens auf 108/min ( $p < 0,001$ ). Damit erhöht sich der Blutdruck systolisch um 21mmHg, diastolisch um 9mmHg und die Herzfrequenz steigt um 21 Schläge pro Minute. Zwei Minuten nach dem Treppenlaufen (Messung sieben) sinken der Blutdruck und die Herzfrequenz wieder signifikant auf 131/81mmHg ( $p_{\text{sys}} + p_{\text{dia}} < 0,001$ ) und 87/min ( $p < 0,001$ ). In der anschließenden Erholungsphase zeigen sich auch vier Minuten nach dem Treppensteigen (Messung 8) im Vergleich zur siebten Messung, eine weitere signifikante Abnahme des Blutdrucks auf 125/79mmHg ( $p_{\text{dia}} = 0,017$ ,  $p_{\text{sys}} < 0,001$ ) und eine Verlangsamung der Herzfrequenz auf 84/min ( $p = 0,040$ ). Betrachtet man Messung sechs und Messung acht stellt sich auch dort die signifikante Abnahme von Blutdruck und Pulsrate ausgehend von einem Maximum bei der Belastungssituation dar. Zwei weitere Minuten später (Messung 9) zeigt nur der systolische Mitteldruck eine signifikante Veränderung zur vorherigen Messung. Es findet weiter eine Abnahme statt und der Blutdruck liegt jetzt bei 122/77mmHg ( $p_{\text{dia}} = 0,101$ ,  $p_{\text{sys}} = 0,012$ ), wobei für den diastolische Wert kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte. Auch die Pulsrate zeigt keinen signifikanten Unterschied zur Messung acht. Mit 83/min hat diese sich auch tendenziell in zwei Minuten nicht mehr geändert ( $p = 0,689$ ). Betrachtet man die letzten Messungen 9./10., 9./11. und 10./11., ergeben sich keine signifikanten Veränderungen. Zur letzten Messung, 15 Minuten nach dem Treppenlaufen liegt der mittlere Blutdruck bei 121/79mmHg und die Herzfrequenz bei 82 Schlägen pro Minute.

## 8. Ergebnisse und Auswertung der Nasenatmung

Das subjektive Empfinden der Nasenatmung wurde auf einer visuellen Analogskala dargestellt. Dabei entspricht die Auswahl der Nummer Eins einer ausgezeichneten Nasenatmung ohne Anzeichen einer Atmungsbehinderung und die Wahl der Zehn eine Undurchlässigkeit der Nase (was zum Ausschluss der Studienteilnahme geführt hätte). Jeder Proband teilte zu jedem Zeitpunkt der neun bzw. elf Messungen die Selbsteinschätzung seiner Nasendurchgängigkeit mit. Wie unten in der Tabelle dargestellt, wurden dann die Probanden hinsichtlich der subjektiven Verbesserung (Verkleinerung auf der Analogskala) oder Verschlechterung der Nasenatmung (Anstieg der Werte auf der Analogskala) ausgewertet. Keine Änderung des subjektiven Empfindens findet sich in der Spalte "gleich bleibend" wieder. Mit Hilfe des Wilcoxon-Test, welcher bei nicht normal verteilten Differenzen und auch bei Rangdaten eingesetzt werden kann, wurden statistische Vergleiche durchgeführt. Es handelte sich bei den gesammelten Daten um gepaarte Stichproben, die parametrisch unabhängig sind.

### 8.1.Nasenatmung im Verlauf der Messungen

Tabelle 8: Übersicht zur Veränderung der Nasenatmung im Verlauf der Messungen

Messung	Anzahl der Probanden			Signifikanz
	Verbesserung	Verschlechterung	gleich bleibend	
1./2.	5	3	31	0,48
2./3.	7	13	19	0,07
3./5.	13	4	22	0,018
3./4.	11	4	24	0,04
4./5.	3	1	35	0,317
5./6.	9	7	23	0,694
6./7.	6	6	27	0,796
7./8.	3	4	32	0,705
8./9.	2	3	34	0,655
9./10.	2	1	17	0,655
10./11.	0	0	20	0,564

Betrachtet man in der vorigen Tabelle die Messung 1./2. zeigt sich, dass von 39 Probanden 31 keine Veränderungen anhand der visuellen Analogskala festgestellt haben. Fünf Probanden empfanden eine Verbesserung um eine Einheit, drei Probanden eine Verschlechterung um jeweils eine Einheit. Signifikanzen waren nicht nachzuweisen. Im Verlauf der Messungen 2./3. zeigt sich dann, dass 13 Probanden eine Verschlechterung der nasalen Durchgängigkeit empfanden ( $p= 0,070$ ). Davon neun Probanden um eine, vier um zwei Einheiten. Sieben Probanden gaben eine Verbesserung um eine Einheit an. Beim Vergleich der Messungen 3./4., während der Lageänderung vom Liegen zum schnellen Aufstehen zeigte sich dann eine signifikante Verbesserung der Nasenatmung ( $p= 0,040$ ). Elf der 39 Probanden empfanden diese verbesserte Nasenpassage. Davon gaben acht eine Verbesserung um eine, zwei Probanden um zwei und ein Proband um drei Einheiten auf der Analogskala an. Vierundzwanzig der Probanden bemerkten keinen Unterschied. Eine subjektive Verschlechterung um eine Einheit gaben vier Personen an. Beim Betrachten der Messungen 3./5. (vom Liegen zum schnellen Aufstehen nach einer Minute) zeigte sich weiterhin eine signifikante Verbesserung ( $p= 0,018$ ) der Nasenatmung. Jetzt gaben 13 Probanden eine Zunahme der nasalen Durchgängigkeit an (neun davon um eine Einheit, drei um zwei und einer um drei Einheiten). Weiter zeigt sich eine Minute nach dem Aufstehen aus liegender Position, dass weitere zwei Probanden eine verbesserte nasale Luftpassage empfanden. Im weiteren Untersuchungsverlauf zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Bei Messung 4./5. bemerken drei eine Verbesserung, einer eine Verschlechterung und 35 Probanden keine Abweichung zur vorherigen Messung (um jeweils eine Einheit). Nach dem Treppenlaufen gaben neun Probanden eine Verbesserung der Nasenatmung (davon acht um eine, einer um zwei Einheiten), sieben eine Verschlechterung (davon 6 um eine, einer um drei Einheiten) im Vergleich zur Messung fünf an ( $p= 0,694$ ). Zwei Minuten nach dem Treppenlaufen sind es sechs Probanden (davon fünf um eine, einer um zwei Einheiten) die eine Zunahme der Nasenatmung feststellen, sechs eine Verschlechterung (um eine Einheit). Bei Messung 7./8. gaben drei eine Besserung und vier eine Abnahme um je eine Einheit anhand der Analogskala an. Zwei Minuten später bei Messung neun gaben zwei Probanden eine Zunahme der nasalen Durchgängigkeit um eine Einheit im Vergleich zur achten Messung an, drei eine Abnahme um eine Einheit. Bei Messung 10 zeigen ebenfalls zwei

eine Verbesserung, einer eine Abnahme (alle um eine Einheit) und 17 keine Differenz zur vorherigen Messung auf. Die letzten beiden Messungen zeigen keine Veränderung in der Luftpassage. Alle Probanden erhoben keine Abweichung.

## 8.2. Korrelation der Nasenatmung mit $V_t$

In diesem Abschnitt soll untersucht werden, ob es eine Korrelation zwischen der subjektiv empfundenen Nasendurchgängigkeit und dem Nasentotalvolumen in unterschiedlichen Körperpositionen gibt. Dazu wurde die Volumendifferenz zwischen den zu betrachtenden Messungen ermittelt und zusätzlich die Veränderung der subjektiven Nasenatmung der zu betrachtenden Messungen berechnet. Die jeweiligen veränderten Differenzen wurden miteinander korreliert, um einen Zusammenhang zwischen dem veränderten Nasentotalvolumen und der Nasenatmung darzustellen.

### 8.2.1. Korrelation $V_t$ und Nasenatmung im Liegen

Es wurde die Differenz zwischen Messung zwei und drei ermittelt. Diese Differenz wurde mit der Differenz der Nasenatmung zwischen Messung zwei und drei korreliert.

Tabelle 9: Korrelation  $V_t$  und Nasenatmung zwischen Messung 2 und 3

			Vt Diff	NA Diff
Spearman-Rho	Vt	Korrelationskoeffizient	1,000	,008
		Sig. (2-seitig)	0	,959
		N	39	39

Auswertung der Tabelle: keine Korrelation zwischen dem Nasentotalvolumen und der subjektiven Nasenatmung in Rückenlage.

### 8.2.2. Korrelation $V_t$ und Nasenatmung vom Liegen zum schnellen Aufstehen

Es wurde die Differenz zwischen Messung drei und vier ermittelt. Diese Differenz wurde mit der Differenz der Nasenatmung zwischen Messung drei und vier korreliert.

Tabelle 10: Korrelation  $V_t$  und Nasenatmung zwischen Messung 3 und 4

			Vt Diff	NA Diff
Spearman-Rho	Vt	Korrelationskoeffizient	1,000	-,305
		Sig. (2-seitig)	0	,059
		n	39	39

Auswertung der Tabelle: keine Korrelation zwischen dem Nasentotalvolumen und der subjektiven Nasenatmung nach dem schnellen Aufstehen.

### 8.2.3. Korrelation $V_t$ und Nasenatmung nach dem Treppensteigen

Es wurde die Differenz der Nasentotalvolumen zwischen Messung vier und fünf ermittelt. Diese Differenz wurde mit der Differenz der Nasenatmung zwischen Messung vier und fünf korreliert.

Tabelle 11: Korrelation  $V_t$  und Nasenatmung zwischen 4 und 5

			VtDiff	NADiff
Spearman-Rho	VtDiff	Korrelationskoeffizient	1,000	-,120
		Sig. (2-seitig)	0	,468
		N	39	39

Auswertung der Tabelle: keine Korrelation zwischen dem Nasentotalvolumen und der subjektiven Nasenatmung nach dem Treppensteigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass zwischen dem Nasentotalvolumen und der Nasenatmung zwischen Stehen und Liegen, Liegen und schnellem Aufstehen und nach dem Treppensteigen keine Korrelation nachzuweisen ist.

### 8.3. Korrelation der Nasenatmung mit $MAC_t$

Nach dem die Korrelation von  $V_t$  überprüft wurde, soll in diesem Kapitel der Zusammenhang zwischen  $MAC_t$  und der Nasenatmung betrachtet werden. Dazu wurde die Differenz von  $MAC_t$  zwischen den zu betrachtenden Messungen ermittelt und zusätzlich die Veränderung der subjektiven Nasenatmung der zu betrachtenden Messungen berechnet. Die jeweiligen veränderten Differenzen wurden miteinander korreliert um einen Zusammenhang zwischen dem veränderten  $MAC_t$  und der Nasenatmung darzustellen.

#### 8.3.1. Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung vom Stehen zum Liegen

Es wurde die Differenz von  $MAC_t$  zwischen Messung zwei und drei ermittelt. Diese Differenz wurde mit der Differenz der Nasenatmung zwischen Messung zwei und drei korreliert.

Tabelle 12: Korrelation  $MAC_t$  und Nasenatmung von Messung 2 und 3

			MACt Diff	NA Diff
Spearman-Rho	MACt	Korrelationskoeffizient	1,000	-,046
		Sig. (2-seitig)	.	,780
		N	39	39

Auswertung der Tabelle: Zwischen der totalen Nasenengstellenfläche und der Nasenatmung ist vom Stehen zum Liegen keine Korrelation nachzuweisen.



### 8.3.2. Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung vom Liegen zum schnellen Aufstehen

Es wurde die Differenz von  $MAC_t$  zwischen Messung drei und vier ermittelt. Diese Differenz wurde mit der Differenz der Nasenatmung zwischen Messung drei und vier korreliert.

Tabelle 13: Korrelation  $MAC_t$  und Nasenatmung von Messung 3 und 4

			MACt Diff	NA Diff
Spearman-Rho	MACt	Korrelationskoeffizient	1,000	-,274
		Sig. (2-seitig)	.	,091
		N	39	39

Auswertung der Tabelle: Vom Liegen zum schnellen Aufstehen ist keine Korrelation nachweisbar.

### 8.3.3. Korrelation $MAC_t$ und Nasenatmung nach dem Treppensteigen

Es wurde die Differenz von  $MAC_t$  zwischen Messung fünf und sechs ermittelt. Diese Differenz wurde mit der Differenz der Nasenatmung zwischen Messung fünf und sechs korreliert.

Tabelle 14: Korrelation  $MAC_t$  und Nasenatmung von Messung 5 und 6

			MACt Diff	NA Diff
Spearman-Rho	MACt	Korrelationskoeffizient	1,000	-,069
		Sig. (2-seitig)	.	,674
		N	39	39

Auswertung der Tabelle: Nach dem Treppenlaufen ist keine Korrelation nachweisbar.

## 8.4. Gruppenvergleich: gute Nasenatmung gegenüber schlechter Nasenatmung nach dem Treppenlaufen

Beim Betrachten der Messung fünf zur Messung sechs ist das subjektive Empfinden der Nasendurchgängigkeit jeweils nicht unterschiedlich zur stehenden Ausgangsposition. Es haben neun Probanden eine Verbesserung der Nasenatmung nach dem Treppenlaufen empfunden, sieben dagegen eine Verschlechterung. Insgesamt 23 Probanden haben keine Veränderung wahrgenommen.

Das mit Hilfe der akustischen Rhinometrie ermittelte Volumen ergibt eine Vergrößerung von  $V_t$ .

In diesem Kapitel sollen die Probandengruppe mit guter NA und die Gruppe mit schlechter NA gegenüber gestellt werden, um Unterschiede innerhalb der Gruppen darzustellen.

### 8.4.1. Betrachtung des systolischen Blutdrucks

In der Tabelle 15 sind die systolischen Blutdruckwerte der Probanden mit schlechter Nasenatmung ( $\downarrow$ NA) dargestellt, in der Tabelle 16 die mit guter Nasenatmung ( $\uparrow$ NA).

Tabelle 15 Übersicht  $RR_{sys}$ - Veränderung vor und nach dem Treppensteigen( $\downarrow$ NA)

Proband	5. Messung	6. Messung
	$RR_{sys}$ [mmHg]	$RR_{sys}$ [mmHg]
1	118	140
2	115	130
3	113	138
4	128	142
5	120	131
6	116	138
7	126	151
MW $RR_{sys}$	$\varnothing 119$ mmHg	$\varnothing 139$ mmHg

Tabelle 16: Übersicht  $RR_{sys}$ - Veränderung vor und nach dem Treppensteigen ( $\uparrow NA$ )

Proband	5. Messung	6. Messung
	$RR_{sys}$ [mmHg]	$RR_{sys}$ [mmHg]
1	122	144
2	126	138
3	111	137
4	116	133
5	130	182
6	115	139
7	120	143
8	130	147
9	131	145
MW $RR_{sys}$	$\emptyset 122 \text{ mmHg}$	$\emptyset 145 \text{ mmHg}$

Aus dem Vergleich der Mittelwerte ergibt sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Probanden mit subjektiv schlechterer Nasenatmung weisen eine Zunahme des systolischen Blutdrucks von 119mmHg auf 139mmHg nach dem Treppensteigen auf. In der Gruppe mit guter Nasenatmung erhöht sich der systolische Blutdruck von 122mmHg auf 145mmHg.

#### 8.4.2. Betrachtung des diastolischen Blutdrucks

Die unten stehende Tabellen 17 zeigt einen Überblick über die Veränderungen des  $RR_{dia}$  von Messung fünf zur Messung sechs in der Gruppe der Probanden mit schlechter NA. Tabelle 18 zeigt die Gruppe mit guter Nasenatmung.

Tabelle 17: Übersicht RR<sub>dia</sub>-Veränderung vor und nach dem Treppensteigen (↓NA)

Proband	5. Messung	6. Messung
	RRdia [mmHg]	RRdia [mmHg]
1	85	90
2	73	81
3	76	82
4	73	78
5	89	88
6	79	91
7	81	96
MW RRdia	Ø79mmHg	Ø87mmHg

Tabelle 18: Übersicht Veränderung RR<sub>dia</sub> vor und nach Treppensteigen (↑NA)

Proband	5. Messung	6. Messung
	RRdia [mmHg]	RRdia [mmHg]
1	70	81
2	80	97
3	73	86
4	70	86
5	90	99
6	75	86
7	72	87
8	78	100
9	96	88
MW RRdia	Ø78mmHg	Ø90mmHg

Aus dem Vergleich der Mittelwerte ergibt sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Probanden mit subjektiv schlechterer Nasenatmung weisen eine Zunahme des diastolischen Blutdrucks von 79mmHg auf 87mmHg nach dem Treppensteigen auf. In der Gruppe mit guter Nasenatmung erhöht sich der diastolische Blutdruck von 78mmHg auf 90mmHg.

### 8.4.3. Betrachtung von Puls und Freizeitsport

Tabelle 19: Übersicht zur Pulsfrequenz der Probanden mit ↓NA

Proband	5. Messung	6. Messung	treiben Sport
	Puls [1/min]	Puls [1/min]	
1	85	116	ja
2	79	116	nein
3	97	120	nein
4	62	79	ja
5	88	122	ja
6	87	100	ja
7	100	120	ja
MW Puls	Ø85/min	Ø110/min	

Tabelle 20: Übersicht zur Pulsfrequenz der Probanden mit ↑NA

Proband	5. Messung	6. Messung	treiben Sport
	Puls [1/min]	Puls [1/min]	
1	68	88	nein
2	81	97	nein
3	106	126	ja
4	73	92	ja
5	89	114	ja
6	78	126	ja
7	91	87	ja
8	97	129	ja
9	79	96	ja
MW Puls	Ø85/min	106/min	

Aus dem Vergleich der Mittelwerte ergibt sich, dass es keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen gibt. Bei den Probanden mit subjektiv schlechterer Nasenatmung beschleunigt sich der Puls von 85 pro Minute vor dem Treppensteigen auf 110 pro Minute nach dem Treppensteigen. In der Gruppe mit guter Nasenatmung beschleunigt sich die Pulsfrequenz von 85 Schlägen pro Minute auf 106 pro Minute.

In der letzten Spalte der beiden Tabellen ist dargestellt, ob die Probanden regelmäßig Freizeitsport ausüben bzw. gänzlich inaktiv sind. Auch in diesem Punkt ergeben sich keine Unterschiede. Der Trainingszustand ist annähernd vergleichbar. In der Gruppe

mit schlechter Nasenatmung sind fünf von sieben Probanden aktiv, in der Gruppe der guten Nasenatmung sieben von neun Probanden.

Insgesamt unterscheiden sich die beiden Gruppen gute NA und schlechte NA zwischen Messung fünf und sechs im RR, Puls und in der körperlichen Aktivität nicht. Die Selbsteinschätzung der Nasendurchgängigkeit lässt sich offenbar nicht am Trainingszustand festmachen. Wahrscheinlich gibt es andere, womöglich psychische Unterschiede. Diese wurden jedoch nicht eruiert.

## 9. Diskussion

Als Hauptergebnisse meiner Arbeit möchte ich folgende präsentieren.

Bei den Messungen 2./ 3. vom Stehen zum Liegen sind  $V_t$  und  $biV_2$  signifikant verkleinert. Es kommt im Liegen zu einer Verschwellung der Schleimhäute in der Nasenhaupthöhle. Die subjektiv empfundene Nasendurchgängigkeit zeigt sich tendenziell schlechter ( $p=0,070$ ). Weiterhin kommt es im Liegen zu einer signifikanten Abnahme des diastolischen Blutdrucks und der Pulsfrequenz.

Nach dem Aufstehen aus der Rückenlage (Messungen 3./ 4.) vergrößert sich  $V_t$  und  $biV_2$ . Es kommt zu einer Verbesserung der nasalen Luftpassage, die auch von den Probanden subjektiv empfundenen wird. Infolge des Lagewechsels vom Liegen zum aufrechten Stehen steigen der systolische und diastolische Blutdruck sowie die Herzfrequenz signifikant an. Nach 70 Sekunden ist  $V_t$  zwar größer als im Liegen aber immer noch kleiner als in Messung 2 (im Stehen).

Nach dem Treppensteigen (Messung 6) vergrößert sich  $V_t$ ,  $biV_1$  und  $biV_2$  signifikant. Das atemrelevante Nasenvolumen vergrößert sich maximal. Die Probanden empfinden keine veränderte Nasenatmung. Der Blutdruck und die Pulsfrequenz steigen signifikant.

Bei den Messungen 1./7. zwei Minuten nach dem Treppenlaufen haben  $V_t$  und  $biV_2$  und nach sechs Minuten (1./9.) hat auch  $biV_1$  seinen Ausgangswert wieder erreicht. Die Pulsfrequenz erreicht das Ausgangsniveau vier Minuten nach der Belastung. Der systolische Blutdruck ist nach sechs Minuten nach dem Treppenlaufen wie zu Beginn, während der diastolische Blutdruck nach zwei Minuten dem Ausgangswert gleicht.

Hauptuntersuchungsgegenstand der Arbeit war die Dynamik des nasalen Schwellkörpers bei Lageänderungen und dem Treppensteigen.

Einen Überblick zur Dynamik des Schwellgewebes geben Riederer et al in Ihrer Studie zum Schwellgewebe der Nasenschleimhaut (Riederer et al 2002). Sie untersuchten licht- und elektronenmikroskopisch den Schwellkörper der Nase mit dem Hauptziel, die Dynamik des Schwellgewebes und dessen neuronale Steuerung besser zu verstehen. Sie vertreten die Meinung, dass der Schwellkörper der Nase sowohl sympathischen als auch parasympathischen Einflüssen unterliegt. Durch parasympathische Einflüsse kommt es zu einer Vasodilatation im Schwellgewebe, was zu einem erhöhten Blutstrom im Bereich der kleinen Rankenarterien führt. Bei Relaxation der glatten Muskelzellen werden die Arterien weit gestellt und der Blutfluss gesteigert. Dadurch füllen sich die venösen Sinusoide. Die ins Lumen prolabierte subendotheliale Muskelpolster der Polsterven, die an der Gefäßwand sitzen, verlangsamen den Blutabfluss aus dem Schwellkörper. Der Sympathikus bewirkt am nasalen Schwellgewebe eine Engstellung der kleinen Arterien und Arteriolen. Dadurch sinkt die Blutzufuhr. Die Polsterven werden flacher, so dass der Blutabfluss erleichtert wird. Der Schwellkörper wird kleiner und das Nasenvolumen vergrößert sich. Bei jungen Gesunden befindet sich dieser Mechanismus in einem sympathiko-vagalen Gleichgewicht, so dass die Änderung des hydrostatischen Drucks bei Lageänderung kompensiert werden kann und so im Liegen nicht zur nasalen Obstruktion führt.

Ein geeigneter Indikator zur Beurteilung dieser sympathiko-vagalen Balance stellt die Herzfrequenzvariabilität dar. Sie ist Ausdruck einer Anpassungsreaktion des Herzkreislaufsystems. Das gesunde Herz variiert die Herzschläge abhängig von körperlicher oder seelischer Belastung. Kein Herzschlag ist dem anderen gleich (Hottenrott 2002). Die Frequenzvariabilität kann mit Hilfe der Spektralanalyse der Herzfrequenz untersucht werden und setzt sich aus Low- Frequency Power- (LF) und High- Frequency Power (HF)- Anteilen zusammen (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996). Dabei spiegelt LF insbesondere den sympathischen Tonus wieder, wobei auch parasympathische Komponenten anteilig sind. Dagegen zeigt HF ausschließlich den parasympathischen Tonus auf (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996). Aus diesen beiden Frequenzkomponenten bildet sich der EKG-Quotient, der eine Aussage zur Balance



zwischen Sympathikus und Parasympathikus gibt. Eine Vergrößerung des Quotienten weist auf einen zunehmenden Einfluss des Sympathikus hin, eine Abnahme hingegen auf ein Überwiegen des Parasympathikus. Der EKG- Quotient erleichtert die Beurteilung sympathiko-vagaler Dysbalance. Ko et al vertreten die Auffassung, dass im Liegen ein Nachlassen des Sympathikotonus verantwortlich sei für die Verschwellung der Nasenpassage und nicht eine Zunahme des Parasympathikotonus (Ko et al 2008). Sie beschäftigten sich mit den Auswirkungen von Lageänderungen auf den Nasendurchfluss und die autonome Regulation der gesunden Nase. Mit Hilfe der Rhinomanometrie untersuchten sie 12 junge, gesunde Nichtraucher zuerst im Sitzen und danach im Liegen. Aus einer parallelen EKG- Registrierung ermittelten sie die Pulsfrequenz und die Herzfrequenzvariabilität, um Aussagen zur sympathischen und parasympathischen Aktivität zu treffen. Ko et al kamen zu dem Ergebnis, dass beim Lagewechsel vom Sitzen zum Liegen die Herzfrequenzvariabilität (LF/ HF) signifikant abnimmt. Im Liegen verkleinerten sich der totale inspiratorische und expiratorische Nasendurchfluss während der inspiratorische und expiratorische nasale Widerstand signifikant zunahm. Der Abstand zwischen zwei Herzschlägen nahm in Rückenlage signifikant zu (Pulsverlangsamung). Sie erklären den hohen Widerstand damit, dass dieser im Liegen zu keiner Erhöhung des Parasympathikotonus führte, da die Herzfrequenz unverändert blieb. Im Gegensatz dazu nimmt der Sympathikotonus ab und bewirkt eine vaskuläre Dilatation. Die Modulation des LF- und HF- Quotienten nimmt in dieser Studie signifikant ab (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996). Durch die Abnahme des Sympathikotonus wird die Balance zu Gunsten des Vagotonus verschoben. Es fließt dadurch mehr Blut in die venösen Sinusoide und die Sinuswandmuskulatur wird schlaffer, so dass die muskulären Polsterven mehr in das Lumen hineinragen und so den Abfluss verringern.

Wüstenberg und Zahnert zeigten mittels optischer Rhinometrie, dass auch der hydrostatische Druck bei Lageänderungen Einfluss auf die Durchblutung der Nasenschleimhaut nimmt (Wüstenberg und Zahnert 2006). Sie untersuchten zehn gesunde Nichtraucher beim Lagewechsel vom Sitzen zum Liegen. Dies bewirkte einen gesteigerten Blutfluss im Nasengewebe. Nach Wüstenberg und Zahnert ist das durch

die Zunahme des hydrostatischen Drucks im Liegen zu erklären. Es kommt zu einer Blutvolumenverschiebung. Durch die Rückenlagerung geraten Nase und Herz relativ zu einander in eine Ebene. Der im Sitzen oder Stehen vorhandene venöse Sog ist nicht mehr wirksam. Es verschlechtert sich im Liegen der venöse Abfluss, wodurch eine nasale Obstruktion gefördert wird. Dadurch kommt es zu einer Zunahme des Blutvolumens in den Nasenschwellkörpern, der bei Gesunden jedoch nicht zu einer Einschränkung der Nasendurchgängigkeit führt (Hasegava 1994, Cuddihy und Eccles 2003, Lal et al 2006, Gudziol und Stadeler 2008).

### **9.1.Nasentotalvolumen $V_t$ im Liegen**

Im Rahmen der Diskussion betrachte ich nur das Totalvolumen  $V_t$ ,  $biV_1$  und  $biV_2$ . Das Konsensuspapier von Clement hat gezeigt, dass die Bedeutung der Bestimmung des nasalen Teilvolumens  $biV_2$  zum Nachweis physiologischer und pathophysiologischer Vorgänge von hoher Wichtigkeit ist (Clement und Gordts 2005). Aus diesem Grund diskutiere ich MAC nicht, auch weil MAC mit den Nasenvolumina korrelieren und so zu keinen abweichenden Aussagen führen.

Nach achtminütigem Liegen verringert sich das atemrelevante Nasenvolumen  $V_t$  signifikant. Diese Verschwellung wird durch die signifikante Verkleinerung von  $biV_2$  zwischen Isthmus nasi und dem Kopf der mittleren Nasenmuschel bewirkt.

Als Ursachen der Verschwellung in Rückenlage kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht.

Zum einen hat eine Veränderung der Körperposition, wie oben bereits erwähnt, Einfluss auf den hydrostatischen Druck im Körper: Dieser vergrößert sich beim Lagewechsel vom Stehen zum Liegen und führt zu einer Volumenzunahme des Schwellkörpers. Der venöse Abfluss verschlechtert sich, wodurch eine nasale Obstruktion begünstigt wird.

Weiterhin ist beim Liegen ein gesteigerter Vagotonus bzw. ein verminderter Sympathikotonus wie oben aufgeführt, von Bedeutung. Eine weitere Ursache, die zu einer Volumenzunahme der Nasenschleimhaut führt, ist eine Rhinitis. Die Entzündung ist eine Abwehrreaktion des Körpers und seiner Gewebe auf schädigende Reize (Silbernagel und Lang 2005). Ziel des Organismus ist es, Bakterien, Viren oder Toxine zu beseitigen und damit den Schaden zu beheben oder lokal zu begrenzen. Die Antwort der Nasenschleimhaut auf schädigende Reize zeigt sich in der Ausschüttung verschiedener Entzündungsmediatoren (Histamin, Prostaglandine, Bradykinin u. a.), die eine chemisch bedingte Vasodilatation bewirken (Bachert 1996). Diese Vasodilatation bewirkt eine Steigerung des Blutflusses, wodurch es zur Vergrößerung der venösen Schwellkörper kommt und dadurch zur Obstruktion der Nasenhöhle.

Dass die Nasenschleimhaut bei chronischen Rauchern eine Entzündung aufweist, untersuchten Vachier et al an 28 Probanden (Vachier et al 2004). Vierzehn davon waren Raucher mit chronisch obstruktiver Bronchitis (COPD) und sieben Raucher ohne COPD. Eine weitere Kontrollgruppe bestand aus sieben gesunden Nichtrauchern. Um die Folgen des Rauchens an der Nasenschleimhaut und den Bronchien zu objektivieren, wurden fiberoptisch sechs Proben an verschiedenen Stellen des Respirationstraktes entnommen (u.a. an der unteren Nasenmuschel und den Bronchien) und auf Metaplasie und Zellinfiltrationen untersucht. Bei Rauchern mit und ohne COPD zeigte sich ein verdicktes Epithel in der Nase und den Bronchien. Beide Gruppen waren hinsichtlich Plattenepithelmetaplasien auffällig. In der COPD Gruppe war in den Bronchien eine höhere Anzahl Plattenepithelzellen zu erkennen als in der Nase. Bei Rauchern ohne COPD war es umgekehrt und die Nase stärker von den Umbauvorgängen zu Gunsten des Plattenepithels betroffen. Die Studie zeigte auf, dass die Entzündungsreaktion der durch Zigarettenrauch geschädigten Schleimhaut durch die gesteigerte Infiltration von CD8<sup>+</sup> T-Lymphozyten gekennzeichnet ist. Raucher mit normaler Lungenfunktion wiesen eine erhöhte Anzahl an eosinophilen Granulozyten und Raucher mit COPD erhöhte Werte neutrophiler Granulozyten sowie Makrophagen in der Nasenschleimhaut auf. Insgesamt zeigte sich ein durch Zigarettenrauch verursachtes Entzündungsbild der Nasenschleimhaut und der Bronchien. Die

nachgewiesene erhöhte Konzentration eosinophiler Granulozyten ähnelt dem einer allergischen Entzündung.

Vinke et al beleuchteten diese Problematik ebenfalls und präsentierten eine Studie an Kindern ohne allergische Disposition (Vinke et al 1999). Die Blutlaborwerte waren unauffällig hinsichtlich einer Allergie. Sie zeigten auf, dass durch eine andauernde passive Exposition mit Zigarettenrauch (>15 Zigaretten pro Tag) für eine Allergie typische Zellinfiltrate in der Nasenschleimhaut festzustellen waren. Es wurden sechs Jungen und vier Mädchen untersucht, die passivem Tabakrauch ausgesetzt waren. Eine Gruppe von ebenfalls zehn Probanden ohne Exposition diente als Vergleich. Im Rahmen einer Tonsillektomie wurde eine Gewebeprobe an der rechten unteren Nasenmuschel entnommen und nach verschiedenen Parametern untersucht. In der mit Rauch exponierten Gruppe zeigten sich hohe Werte für Immunglobulin E und eine größere Anzahl an eosinophilen Granulozyten im Vergleich zur Nichtrauchergruppe. Diese Ergebnisse beweisen, dass allein das Leben im Umfeld von Zigarettenrauch eine Entzündung der Nasenschleimhaut hervorruft, die einer allergischen Entzündung ähnelt. Aber nicht eine Allergie verursacht die Entzündung (Ausschlusskriterium dieser Studie), sondern allein die Schadstoffe im Zigarettenrauch. Sie induzieren eine Vasodilatation und nachfolgend eine Verschwellung.

Bislang gibt es nur wenige wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit den Veränderungen der Nasenschleimhaut durch Lagewechsel bei Patienten mit akuten und chronischen Rhinitiden befassen.

Hasegava betrachtete 31 Patienten mit perennialer Rhinitis (Hausstaub) und eine Kontrollgruppe aus acht Gesunden mithilfe der Rhinomanometrie (Hasegava 1994). Er stellte fest, dass der nasale Atemwiderstand von der Lage abhängig ist. In der Rhinitisgruppe zeigt sich eine signifikante Zunahme des totalen Nasenwiderstandes. In der gesunden Kontrollgruppe kam es weder im Liegen noch in seitlicher Lage zu einer Verringerung des nasalen Widerstandes. Hasegava erklärt die Obstruktion in Rückenlage mit einem schlechteren Ansprechen der entzündeten Schleimhaut auf die sympathische Gegenregulation des Nervensystems. Die kompensatorischen

sympathiko-vagalen Regulationsmechanismen der erkrankten Mukosa reichen nicht aus, um die Schwellkörper der Nase zu entstauen.

Cuddihy et al haben 12 Patienten während eines akuten Infekts der oberen Atemwege und weitere zwölf Gesunde untersucht (Cuddihy und Eccles 2003). Dabei prüften sie mithilfe der Nasenspirometrie, welche Veränderungen im nasalen Luftstrom bei Lageänderungen eintreten. In der Gruppe der Gesunden lässt sich keine signifikante Änderung der Nasenpassage feststellen. Es kam im Liegen in der Gruppe mit entzündeter Nasenschleimhaut zu einer Abnahme des nasalen Luftstroms, weil die Nase im Liegen mehr zuschwillt als im Sitzen bzw. Stehen. Die infektinduzierte, entzündlich veränderte Schleimhaut reagiert im Liegen mit nasaler Obstruktion. Die akute Entzündung der Nasenschleimhaut führt zu einer Zunahme chemischer Mediatoren, vor allem von Bradykinin. Durch seine potente vasodilatatorische Funktion kommt es zu einer Weitstellung der Gefäße und vermehrten Blutfüllung in den venösen Sinus. Das erklärt die Verschwellung der Nasenpassage und deckt sich mit der von mir beobachteten Verschwellung beim Liegen.

Rundcrantz untersuchte mit der Rhinomanometrie zehn Patienten mit allergischer Rhinitis, acht mit bestehender infektiöser Rhinitis, sieben nach Abheilen eines akuten Infektes und zehn gesunde Probanden in verschiedenen Körperlagen (sitzend, liegend 30°, liegend 20° und horizontale Rückenlage) (Rundcrantz 1969). Beim Lagewechsel vom Sitzen zum Liegen zeigten Patienten mit Nasenschleimhautentzündung (allergischer Rhinitis und akuter Infekt) einen signifikant größeren nasalen Widerstand als Gesunde. Auch Rundcrantz führt die Verschwellung der Schleimhaut auf die Zunahme des hydrostatischen Drucks im Liegen zurück.

Die langandauernde Einwirkung von Zigarettenrauch auf das nasale Schwellverhalten wurde bislang nur von Stroud et al untersucht (Stroud et al 1999). Sie prüften 1999 den Zusammenhang von beklagter nächtlicher nasaler Obstruktion (NNC) und nasalem Widerstand im wachen Zustand. Anhand eines Fragebogens wurden Beschwerden und Vorerkrankungen erfasst. Es wurden 47 Probanden rekrutiert, von denen 27 Patienten (Gruppe 1) über NNC klagten und 20 Probanden (Gruppe 2) keine nächtlichen Beschwerden hatten. Alle Teilnehmer waren tagsüber beschwerdefrei. Innerhalb

dieser insgesamt 47 Teilnehmer wurden hinsichtlich des Raucherstatus und der Allergieanamnese weitere Gruppen gebildet. Es waren 15 Probanden Raucher (Gruppe 3), wovon zehn über nächtliche nasale Verschwellung berichteten und fünf nicht. Weiterhin waren 29 (Gruppe 4) der 47 Teilnehmer Rhinitis-Patienten. Von diesen hatten 18 nächtliche Beschwerden und 11 Probanden keine nächtliche Symptomatik. Sowohl allergische Rhinitis als auch Zigarettenkonsum trafen auf insgesamt elf Patienten zu (Gruppe 5, keine Unterscheidung zwischen NNC- und ohne NNC-Anamnese). 14 Probanden hatten keine allergische Rhinitis und rauchten nicht. Alle Teilnehmer wurden zuerst im Stehen und anschließend in liegender Körperposition mit Hilfe der anterioren Rhinomanometrie untersucht. Beim Lagewechsel zur Rückenlage berichteten die 27 Patienten mit NNC im Gruppenergebnis über eine nasale Verschwellung. Der totale nasale Widerstand zeigte zwischen stehenden Patienten mit ( $n = 27$ ) und ohne ( $n = 20$ ) nächtlicher nasaler Verstopfung keinen Unterschied. In Rückenlage fiel eine Zunahme des nasalen Widerstandes in der Gruppe der Patienten mit NNC auf. In der Kontrollgruppe ohne NNC konnte keine Veränderung aufgezeigt werden. Das heißt bei Patienten mit NNC ist im Liegen eine Verschwellung der Nasenpassage festzustellen, nicht dagegen in der Kontrollgruppe. Beurteilt man die 15 Raucher (Gruppe 3) aus dieser Studie, von denen zehn NNC aufwiesen, so zeigt sich ein stärkerer nasaler Widerstand in Rückenlage als bei Nichtrauchern. Bei den 29 Rhinitis-Patienten (Gruppe 4) dieser Studie bildete sich in Rückenlage ebenfalls eine Zunahme des totalen Nasenwiderstandes ab. In der Gruppe der Probanden ohne Rhinitis wurde dies nicht festgestellt. Fasst man die Rhinitispatienten und die Raucher zusammen so erkennt man, dass beide Gruppen in Rückenlage einen erhöhten totalen Nasenwiderstand gegenüber den Probanden ohne Rhinitis und den Nichtrauchern aufzeigen. Betrachtet man nur die Gruppe der 27 Patienten mit NNC, die Raucher und Rhinitis Probanden eingeschlossen hatte, zeigte diese einen noch größeren nasalen Widerstand ( $p=0,002$ ) als die Gruppe der Rhinitis Patienten ohne NNC ( $p= 0,003$ ). Insgesamt gab es in dieser Studie 11 Patienten mit allergischer Rhinitis und Nikotinabusus. In dieser Gruppe nahm der nasale Widerstand in Rückenlage signifikant zu. Der totale Widerstand war in der Rauchergruppe mit allergischer Rhinitis größer als in der Gruppe der Patienten, die nur rauchten bzw. nur eine allergische Rhinitis hatten. Stroud et al haben in ihrer Studie gezeigt, dass sowohl die entzündlich

veränderte Schleimhaut bei Patienten mit allergischer Rhinitis als auch die entzündlich veränderte Schleimhaut bei Rauchern eine Verschwellung der Nasenschleimhäute im Liegen bewirkt. Mit Hilfe der anterioren Rhinomanometrie konnte diese Problematik in einer Zunahme des Nasenwiderstandes in Rückenlage verdeutlicht werden. Es konnte sogar eine Verstärkung beider Faktoren, wenn ein Rhinitis-Patient gleichzeitig auch Raucher war, aufgezeigt werden. Das war die erste Untersuchung, bei der die Auswirkungen von Zigarettenrauch auf die Dynamik des Nasenschwellkörpers beim Lagewechsel geprüft wurden.

Roitmann et al haben in ihrer Studie zehn junge Patienten mit chronischen rhinitischen Symptomen und zehn junge Gesunde mithilfe der akustischen Rhinometrie untersucht (Roitmann et al 2005). In der Gruppe der Gesunden zeigte sich nach 15 Minuten in Rückenlage, verglichen mit der sitzenden Ausgangsposition, eine signifikante Abnahme des totalen Nasenvolumens ( $p < 0,01$ ). Roitmann et al erklären die Verschwellung der Schleimhäute bei Gesunden mit einem erhöhten venösen Druck, der ursächlich auf den gesteigerten hydrostatischen Druck im Liegen zurückzuführen ist und damit die Anstauung des Blutes im Schwellgewebe der unteren Nasenmuschel begünstigt. In Roitmanns Rhinitisgruppe zeigte sich eine noch stärkere Abnahme von  $V_t$  vom Sitzen zur liegenden Position ( $p < 0,004$ ). Roitmann et al erklären die stärkere Verschwellung mit der inflammatorisch veränderten Nasenschleimhaut und einer gesteigerten Permeabilität der Mukosa. Die geschädigte Schleimhaut schwillt aufgrund einer chemisch induzierten Vasodilatation an. Lageabhängige Veränderungen an jungen gesunden Nichtrauchern haben unter anderen auch Gudziol et al untersucht (Gudziol und Stadeler 2008). An 40 jungen, gesunden Nichtrauchern zeigten sie mithilfe der akustischen Rhinometrie, wie die Schwellkörper der Nase auf Lageänderungen reagieren. Im Rahmen dieser Studie wurden fünf Messungen im Sitzen, Stehen, Liegen, nach dem Aufstehen und nach körperlicher Aktivität (Treppenlaufen) untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die gesunde Nasenschleimhaut über die Möglichkeit verfügt, lagebedingte Alltagsaktivitäten zu kompensieren. Beim Betrachten der Messungen vom Sitzen zum Liegen zeigte sich keine Veränderung von  $V_t$ . Die gesunde Nasenschleimhaut befindet sich während der Lageänderung in einer autonomen Balance, die eine Änderung der Nasenatmung verhindert.

Lal et al verwendeten die akustische Rhinometrie, um Veränderungen in der nasalen Durchgängigkeit (Nasentotalvolumen) bei acht gesunden Probanden zu beobachten (Lal et al 2006). Hierfür untersuchten sie diese beim Lagewechsel vom Sitzen zur Rückenlage und während der Seitenlage, bei einseitigem mechanischen Verschluss des Naseneingangs, bei Einwirkung von warmer Luft über eine Atemmaske, beim Trinken von heißem und kaltem Wasser und während ein Eisbeutel im Nacken platziert wurde. Hierbei stellten sie fest, dass beim Lagewechsel vom Sitzen in die Rückenlage keine Verschwellung der Schleimhäute stattfindet. Während der Seitenlage, dem Trinken von kaltem Wasser und nach Platzierung des Eisbeutels veränderte sich das Nasengesamtvolumen  $V_t$  nicht. Die gesunde Nasenschleimhaut hält die nasale Durchgängigkeit unter diesen Versuchsbedingungen konstant. Beim Trinken von heißer Flüssigkeit und nach Inhalation von warmer Luft über eine Atemmaske kommt es dagegen zu einer Verschwellung der Schleimhaut. Dies erklären Lal et al damit, dass die Schleimhaut auf warme Temperaturen mit einer erhöhten Durchblutung und somit Verschwellung reagiert. Damit kann sie ihrer Aufgabe als Befeuchtungssystem der Schleimhaut auch bei hohen Temperaturen gerecht werden, weil der Kontakt der Luft mit der Schleimhaut intensiver wird.

Cole und Haight betrachteten den Einfluss von Lageänderung auf den Nasenzyklus bei jungen, gesunden Probanden (Cole und Haight 1986). Dazu nutzten sie die Methode der Bodyplethysmographie. Sie untersuchten eine Gruppe von sieben Probanden beim Lagewechsel vom Sitzen zum Stehen, sechs Probanden zusätzlich beim fünfminütigen Einbeinstand und weitere sieben in liegender Position (fünf davon in Rückenlage und zwei in Seitenlagerung). Sie prüften außerdem eine Gruppe von sechs Patienten mit einseitiger Nasenobstruktion (Septumdeviation bzw. Verschluss durch einen Pfropfen) und beobachteten sie in verschiedenen Körperhaltungen (Stehen, Rückenlage, Seitenlage). Dabei stellten Sie fest, dass der spontane Nasenzyklus zwischen beiden Nasenseiten beim Gesunden im Stehen, in Rückenlage und in seitlicher Lagerung persistiert. Es zeigen sich kaum veränderte Werte im Luftwiderstand der gesamten Nase. Allerdings zeigen Patienten mit einseitig behinderter Nasenatmung insbesondere beim Liegen signifikant größere zyklische Änderungen im Nasenwiderstand als Nasengesunde. Der Nasenwiderstand der fünf gesunden



Probanden in Rückenlage vergrößerte sich signifikant. Ein Grund für die Aussage, dass sich die Nasenpassage im Liegen verengt, könnte die sehr kleine Probandengruppe sein. Außerdem wurden Patienten mit allergischer Rhinitis nicht explizit ausgeschlossen. Zum Raucherstatus wurde keine Angabe gemacht.

Kase et al untersuchten mithilfe der akustischen Rhinometrie bei acht Studenten den Nasenschwellungszustand der Nasenschleimhaut während Lageänderungen (Kase et al. 1994). Nach sechs Minuten in Rückenlage (vorher sitzend) verkleinerte sich das totale Nasenvolumen. Kase et al erklären die Verschwellung der Nasenhöhle mit einer Zunahme des hydrostatischen Drucks im Liegen. Bei den acht Probanden wurden keine Angaben zum Raucherstatus gemacht, so dass die Befunde nicht subtil nachvollziehbar sind. Außerdem ist ihre Stichprobe von acht Probanden sehr klein. Kase et al. untersuchten zusätzlich die Probanden in Seitenlagerung. Dazu drehten sich die Probanden aus der Rückenlage zuerst so, dass die weiter geöffnete Nasenseite nach unten zeigte und anschließend auf die Seite, die zuvor schlechter durchgängig war. Die Messungen wurden jeweils sechs Minuten nach dem Körperpositionswechsel vorgenommen. Nachdem die Probanden mit der zuvor weiteren Seite nach unten lagen, kam es zu einer Verschwellung dieser Nasenseite. Die oben liegende Nasenseite veränderte sich nicht signifikant. Nach dem Positionswechsel auf die zuvor engere Nasenseite zeigte sich nach sechs Minuten keine Veränderung im Nasenvolumen. Kase et al erklären die einseitige Verschwellung in Seitenlagerung mit einem kutanen Reflex der 1985 schon von Davies und Eccles beschrieben wurde (Davies und Eccles 1985). Sie stellten fest, dass seitlicher Druck auf die Schulter bzw. auf den seitlichen Thorax zu Veränderungen im sympathischen Tonus führt. Dazu untersuchten Davies und Eccles mithilfe der posterioren Rhinomanometrie die Widerstandsänderung in der Nasenhöhle (Davies und Eccles 1985). Die Probanden saßen in aufrechter Körperhaltung, während ein fünfzehnminütiger Druck auf die Axillarregion ausgeübt wurde. Der Widerstand wurde vor und nach der Druckapplikation gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass ohne Seitenlage der Probanden eine Widerstandserhöhung auf der Seite der Druckausübung nachzuweisen war. Die kontralaterale Seite zeigte eine Abnahme des Nasenwiderstandes. Damit wurde aufgezeigt, dass nicht nur die Körperposition Einfluss auf den Schwellungszustand der Nase hat, sondern auch der

Druck auf die seitliche Axillarregion von Bedeutung ist. Davies und Eccles vermuten, dass Rezeptoren in der Haut Teil eines afferenten Reflexes sind, die zu veränderter sympathischer Aktivität führen. Diese bewirkt ein Zu- bzw. Abschwollen der Nasenschleimhaut. Davies und Eccles untersuchten in ihrer Studie nicht, welche Wirkungen ein auf den Rücken ausgeübter Druck auf den Schwellungszustand der Nasenschleimhaut hat. Es wäre für nachfolgende Untersuchungen von Interesse, ob solche afferenten Reflexe auch durch Druck auf den Rücken ausgelöst werden können.

Die Schwellungsänderung der Nasenschleimhaut in Seitenlage ist u. a. auch von Babatola, Cole et al und Davies et al beschrieben worden (Babatola 1998, Cole und Haight 1986, Davies und Eccles 1985). Sie untersuchten die Nasendurchgängigkeit während der seitlichen Lagerung und kamen zu dem Ergebnis, dass die untenliegende, ipsilaterale Nasenseite zuschwillt, die oben liegende Nasenseite dagegen abschwilt. Früher wurde angenommen, dass die untere Nasenseite bei Seitenlagerung aufgrund der Schwerkraft zuschwillt. In Studien wurde aber belegt, dass es zwischen beiden Nasenseiten keine Anastomosen gibt, die einen Blutaustausch ermöglichen (Forsyth et al 1983, Keck et al 2006).

Morris et al untersuchten zehn gesunde Probanden vor und während des Schlafes mit akustischer Rhinometrie (Morris et al 2008). Sie versuchten zu objektivieren, ob es in Abhängigkeit vom REM- (rapid eye movement) und NON-REM Schlaf zu Veränderungen der nasalen Luftpassage kommt. In den Voruntersuchungen beobachteten sie u. a. auch wache, gesunde Probanden während des Lagewechsels vom Sitzen zum Liegen. Die Querschnittflächen und die Volumina der Nasenhöhlen wurden im abgeschwollenen Zustand nach Gabe von 0,05% Oxymetazoline-Nasenspray als Durchschnittswerte erfasst. So wurde beispielsweise das Volumen der Nasenhöhle von jedem einzelnen Probanden im abgeschwollenen Zustand gemessen, um anschließend Rückschlüsse auf Veränderungen während des Positionswechsels ziehen zu können. Dazu wurden die Volumenänderungen zwischen dem abgeschwollenen Zustand nach Nasenspraygabe und dem Volumen der jeweiligen Position bestimmt und die Veränderung prozentual berechnet. Dieser Wert betrug bei sitzenden, wachen Probanden 10,6%. Das heißt, dass der mittlere Schwellzustand der Nasenhöhle rund 11 % größer war als nach abschwelldem Nasenspray. Der

Verschwellungswert vergrößerte sich in Rückenlage auf 16,2%. Damit zeigte sich eine Zunahme der nasalen Verschwellung um 5,6% vom Sitzen im Vergleich zur Rückenlage. Wenn auch die Methodik mit meiner Untersuchung nicht vergleichbar ist, messe ich beim Liegen eine Zunahme der gesamten Nasenverschwellung im Vergleich zum Stehen von 12,5%, also deutlich mehr. Bei Morris et al handelte es sich jedoch um Gesunde, während meine Probanden eine durch den Zigarettenrauch inflammatorisch geschädigte Schleimhaut aufwiesen.

In ihren Arbeiten kommen Gudziol, Wüstenberg, Lal, Cole und Haight, Davis und Eccles übereinstimmend zu der Meinung, dass die gesunde Nasenschleimhaut im Liegen nicht zuschwillt (Gudziol und Stadeler 2008, Wüstenberg und Zahnert 2006, Lal et al 2003, Cole und Haight 1986, Davies und Eccles 1985). Daneben gibt es wenige Arbeiten, die gegenteilige Ergebnisse liefern.

Ko et al wie oben bereits erwähnt, untersuchten mit Hilfe der Rhinomanometrie 12 junge, gesunde Nichtraucher zuerst im Sitzen und danach im Liegen (Ko et al 2008). Gemessen wurden der nasale Flow, der nasale Widerstand und der seitengetrennte nasale Flow. Im Liegen verringerte sich der totale inspiratorische und expiratorische Nasendurchfluss und der inspiratorische und expiratorische nasale Widerstand nahm signifikant zu. Bei diesen 12 jungen Nichtrauchern ergab sich in der Rhinomanometrie eine Widerstandserhöhung im Liegen. Es wurden lediglich Patienten mit akuten rhinitischen Symptomen innerhalb des letzten Monats mit Nasenpolypen, Patienten mit einem Zustand nach Nasenoperation und Patienten mit Einnahme von oralen und topischen Nasenmedikamenten aus der Studie ausgeschlossen. Chronische bzw. allergische Rhinitiden wurden nicht explizit exkludiert. Die subjektiv empfundene Nasendurchgängigkeit, die mit Hilfe einer visuellen Analogskala erfasst wurde, zeigte in dieser kleinen Gruppe keine signifikante Veränderung.

Hellgren et al haben 20 wache Patienten (Alter  $55 \pm 16$  Jahre) mit obstruktiven Schlaf-Apnoe- Syndrom (OSAS) und 20 wache, gesunde Nichtraucher (Alter  $35 \pm 9$  Jahre) mit akustischer Rhinometrie untersucht (Hellgren et al 2009). Diese Studie zeigte bei Gesunden eine signifikante Abnahme des intranasalen Querschnittes beim Lagewechsel vom Sitzen zum Liegen. In der Gruppe der Gesunden wurden Patienten

mit saisonaler allergischer Rhinitis nicht ausgeschlossen, allerdings fanden die Untersuchungen außerhalb der Pollensaison statt. Bei wachen Patienten mit OSAS kam es nicht zu einer Verschlechterung der nasalen Durchgängigkeit im Liegen (Marrone et al 1993). Hellgren erklärt das mit einem gesteigerten Sympathikotonus bei wachen OSAS Patienten (Chaicharn et al 2009, Resta et al 1998). Dadurch würde der Blutzufuss zur Nase bei OSAS Patienten gedrosselt und eine bessere Luftpassage ermöglicht. Die Autoren haben nicht untersucht, ob bei ihren Probanden tatsächlich ein erhöhter Sympathikotonus im Wachzustand vorliegt.

Virkkula et al untersuchten 41 Schnarcher und eine Kontrollgruppe von 19 Probanden mit Polysomnographie, anteriorer Rhinomanometrie und akustischer Rhinometrie (Virkkula et al 2003). In der wachen Kontrollgruppe (19 Probanden, Ø Alter: 42 Jahre) zeigte sich beim Lagewechsel vom Sitzen zum Liegen eine signifikante Abnahme von  $V_t$ . Der Grund für diese Volumenabnahme kann an der sehr heterogenen Gruppe liegen. Diese bestand u.a. aus einem Raucher und acht Patienten mit allergischer Rhinitis. Werden diese acht Patienten mit dem einen Raucher zusammengefasst ergibt sich, dass 49% der Kontrollgruppe eine entzündete Schleimhaut aufweisen und somit bestenfalls als Kontrollgruppe für eine entsprechend gematchte Schnarchergruppe taugt. Ob die Zusammensetzung der Schnarchergruppe dies berücksichtigt, ist nicht erkennbar.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass es in der Literatur unterschiedliche Meinungen und Ergebnisse zum Schwellverhalten der Nase im Liegen gibt. Junge, gesunde Probanden mit gesunder Nasenschleimhaut (keine allergische und toxische Rhinitis) zeigen in Rückenlage keine Verschwellung der Nasenschleimhaut (Hasegawa 1994, Gudziol und Stadeler 2008, Virkkula 2003, Lal et al 2006, Hellgren et al 2009). Dagegen gibt es Autoren, die eine Verschwellung der Nasenschleimhaut auch bei Gesunden festgestellt haben (Kase et al 1994, Roitmann et al 2005, Virkkula et al 2003, Ko et al 2008, Hellgren et al 2009), wobei nicht immer sicher ist, dass tatsächlich eine gesunde Nasenschleimhaut vorlag. Dagegen reagiert die chronisch und akut entzündete Nasenschleimhaut im Liegen mit einer Verschwellung der Nasenhaupthöhlen. Darüber

gibt es in der Literatur Übereinstimmungen (Hasegava 1994, Rundcrantz 1969, Roitmann et al 2005, Cuddihy und Eccles 2003, Stroud et al 1999). Eine durch inhalative Noxen (Zigarettenrauch) belastete Schleimhaut ist eine entzündete Nasenschleimhaut und reagiert in Rückenlage mit einer Verschwellung der Nasenpassage aufgrund einer chemisch induzierten Vasodilatation. Die Reaktion gleicht der einer chronischen Rhinitis. Eine durch Entzündung ausgelöste Ausschüttung von verschiedenen Mediatoren (Leukotriene, Prostaglandine, Substanz P, Bradykinin) führt zu einer chemisch induzierten Vasodilatation. Diese Dilatation bewirkt im Zusammenspiel mit der Zunahme des venösen Drucks eine Verschwellung der Nasenschleimhaut und führt auf diese Weise zu einer nasalen Obstruktion.

## **9.2.Systolischer, diastolischer Blutdruck und Puls im Liegen**

Beim Lagewechsel vom Stehen zum Liegen nimmt der diastolische Blutdruck ab und die Pulsfrequenz verlangsamt sich. Dies lässt sich mit einer Zunahme des Vagotonus im Liegen oder mit einer Abnahme des Sympathikotonus erklären. Der diastolische Blutdruck verringert sich in Rückenlage von durchschnittlich 79mmHg auf 71mmHg. Die Pulsfrequenz verlangsamt sich von durchschnittlich 87 Schlägen pro Minute auf 70 Schläge pro Minute.

Der systolische Blutdruck verändert sich nach achtminütigem Liegen nicht. Im Stehen haben die Probanden einen mittleren systolischen Blutdruck von 118mmHg. In Rückenlage wurde ein mittlerer systolischer Blutdruckwert von 115mmHg gemessen. Der Unterschied ist nicht signifikant ( $p=0,085$ ). Das autonome Nervensystem steuert unsere Organfunktionen und besteht aus zwei gegensätzlich arbeitenden Anteilen. Der Parasympathikotonus ist in Ruhephasen aktiv und entfaltet am Herzen eine schwach negativ inotrope Wirkung. Durch die Veränderung der Hydrostase in Rückenlage gelangen Herz und Körper relativ in eine Ebene, wodurch die Herzarbeit verringert wird. Es wird weniger Pumpkraft benötigt, um das Gehirn und andere wichtige Organe zu versorgen. Ebenso bewirkt im Liegen der niedrigere Sympathikotonus an den Beinvenen eine Tonussenkung. Der Druck verringert sich in den Blutgefäßen. Die

Herzfrequenz sinkt und die Überleitungszeit zwischen Vorhoferregung und Herzkammer wird verlangsamt. Damit lässt sich eine Abnahme der Pulsfrequenz im Liegen erklären. Zur Abnahme des diastolischen Blutdrucks kommt es infolge der vagal bedingten Vasodilatation. Dadurch wird die Herzarbeit verbessert, die Pulsrate verringert und die Überleitung der Herzerregung beschleunigt. Eine Abnahme des Sympathikotonus führt zum Überwiegen des Parasympathikotonus. Ein unveränderter systolischer Blutdruck in Ruhelage lässt sich mit einem rauchinduzierten erhöhten Sympathikotonus erklären.

Da der systolische Blutdruck im Stehen und Liegen gleich ist, wäre als Ursache folgendes zu diskutieren. Normalerweise nimmt im Liegen der Sympathikotonus ab bzw. der Parasympathikotonus zu. Offenbar ist bei Rauchern der Ausgangssympathikotonus so hoch, dass die durch lageprovozierte Abnahme des Sympathikotonus bzw. Zunahme des Vagotonus nicht so groß ist, dass sie den systolischen Blutdruck senken würde.

Der diastolische Blutdruck und die Pulsfrequenz nehmen im Liegen ab. Auch die Pulsfrequenz nimmt ab.

Ko et al sind der Meinung, dass der Sympathikotonus in Rückenlage abnimmt, der Parasympathikotonus dagegen unverändert bleibt (Ko et al 2008). Sie haben die Herzfrequenzvariabilität von 12 jungen Gesunden untersucht. Beim Lagewechsel vom Sitzen zum Liegen nahm die Herzfrequenzvariabilität (LF/HF) signifikant ab, welches für eine Abnahme der sympathikotonen Reaktion spricht. Das Gleichbleiben des Parasympathikus haben sie anhand der nicht veränderten High-frequency Power (HF) nachgewiesen. HF repräsentiert die parasympathische Aktivität des autonomen Nervensystems (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996). Durch die Abnahme des Sympathikotonus wird die Balance zu Gunsten des Vagotonus verschoben. Das Überwiegen des Vagotonus bei Gesunden erklärt den Abfall des Blutdrucks und der Pulsrate in Rückenlage.

Die Langzeitfolgen des chronischen Rauchens auf die Nasenschleimhäute und die gleichzeitigen Auswirkungen auf den Blutdruck sind nur wenig in der Literatur

beschrieben. Dass chronisches Rauchen mit einer Zunahme des systolischen Blutdrucks assoziiert ist, haben die Autoren De Cesaris et al, Sharma et al, Guedes et al und Morillo et al übereinstimmend dargestellt (De Cesaris et al 1992, Sharma et al 2005, Guedes et al 2006, Morillo et al 2006).

De Cesaris et al haben nachgewiesen, dass regelmäßiges Rauchen mit einem permanenten Anstieg des Blutdrucks und einem erhöhten kardiovaskulärem Risiko verbunden ist (De Cesaris et al 1992). Ebenso haben Guedes et al bei 162 Rauchern signifikant höhere Blutdruckwerte als in der nicht rauchenden Vergleichsgruppe festgestellt (Guedes et al 2006). Übereinstimmend dazu ermittelten Sharma et al, dass Raucher im Gesamtdurchschnitt einen höheren systolischen und höheren diastolischen Blutdruck aufwiesen, verglichen mit der Nichtrauchergruppe (Sharma et al 2005). Auch Morillo et al untersuchten die Veränderung des Blutdrucks zwischen Rauchern und Nichtrauchern über 24 Stunden (Morillo et al 2006). Die Ergebnisse zeigten, dass Raucher über den Tag (7-23 Uhr) einen signifikant höheren systolischen und diastolischen Blutdruck haben als Nichtraucher. In der Nacht (23-7 Uhr) waren der diastolische und der systolische Blutdruck ebenfalls signifikant erhöht. Insgesamt zeigte sich in der 24h Messung ein signifikant gesteigerter Blutdruck bei Rauchern gegenüber der nicht rauchenden Vergleichsgruppe.

Zusammenfassend lässt sich verdeutlichen, dass ein gesteigerter Sympathikotonus bei Rauchern als Ursache für einen gleichbleibenden systolischen Blutdruck in Rückenlage wahrscheinlich in Betracht kommt.

### **9.3.Nasenatmung im Liegen**

Beim Körperpositionswechsel in Rückenlage zeigten sich bei meinen 39 Probanden unterschiedliche Empfindungen hinsichtlich der subjektiven Nasenatmung. Sieben Probanden stellten eine verbesserte Nasenatmung fest, dreizehn dagegen eine Verschlechterung der nasalen Luftpassage. Neunzehn der Teilnehmer haben keinen

Unterschied beim Lagewechsel vom Stehen zur Rückenlage beobachtet. Insgesamt zeigte sich eine tendenzielle Verschlechterung der Nasenatmung.

Die subjektiv verschlechterte Nasenatmung in Rückenlage lässt sich mit der im Liegen nachgewiesenen Verschwellung der chronisch entzündeten Nasenschleimhaut bei Rauchern erklären. Insgesamt 13 der Probanden empfinden eine Verschlechterung der Nasenatmung im Vergleich zur vorherigen Messung im Stehen. Der Spearman Rho-Korrelationskoeffizient beträgt 0,008 ( $p=0,959$ ). Es zeigt sich keine Korrelation zwischen der mit einer VAS ermittelten subjektiven Nasenatmung und dem Nasentotalvolumen.

Bislang gibt es nur wenige Arbeiten, die sich mit der Nasendurchgängigkeit der Nasenschleimhaut bei Lagewechsel und dem veränderten subjektiven Empfinden bei Gesunden und Patienten mit akuten und chronischen Rhinitiden befasst haben.

Roitmann et al haben zehn Gesunde und zehn Patienten mit chronischen rhinitischen Symptomen untersucht und festgestellt, dass in der Rhinitisgruppe die Wahrnehmung der nasalen Obstruktion ausgeprägter war (Roitmann et al 2005). Sie nutzten für ihre Untersuchungen eine visuelle Analogskala. Während des Lagewechsels vom Sitzen zum Liegen beobachteten sie eine Verschlechterung der subjektiven Nasendurchgängigkeit. In der Gruppe der Gesunden verschlechterte sich die Nasenatmung durchschnittlich um 0,7 Einheiten auf der visuellen Analogskala (VAS). In der Rhinitis- Gruppe wurde eine Abnahme der Nasenatmung um 1,64 Einheiten ermittelt. Roitmann et al. objektivierten, dass die Methode der Selbsteinschätzung anhand einer visuellen Analogskala von verschiedenen Voraussetzungen abhängig ist. Sie diskutieren eine gesteigerte Wahrnehmung für obstruktive Ereignisse bei Rhinitispatienten aufgrund ihrer Krankheitsgeschichte. So nehmen sie an, dass aufgrund der bestehenden Symptome die Patienten besonders sensibilisiert auf die Wahrnehmung der schlechten Luftpassage sind, da es ein ihnen bekanntes Problem darstellt. Außerdem vermuten die Autoren eine höhere Sensitivität für unspezifische Reize, da in verschiedenen Studien gezeigt wurde, dass besonders entzündete Schleimhaut mit Verschwellung reagiert (Hasegawa 1994, Rundcrantz 1969, Roitmann et al 2005, Cuddihy und Eccles 2003, Stroud et al 1999, Klimeck und Böttcher 2008).



Ko et al haben in ihrer Studie 12 junge, gesunde Probanden während des Lagewechsels untersucht (Ko et al 2008). Zudem wurden die Probanden aufgefordert, anhand einer VAS, ihre subjektive Nasenatmung einzuschätzen. Eine Skala von 146 mm wurde dazu genutzt. Dabei bedeutete 0 mm keine Einschränkung der Nasenatmung und 146 mm, dass keine Nasenatmung möglich war. Insgesamt zeigten fünf Probanden eine Verschlechterung, fünf bemerkten keine und zwei Probanden beobachteten eine Verbesserung der nasalen Luftpassage. Der p-Wert war nicht signifikant. Ko et al entnehmen aus diesen Ergebnissen, dass die VAS keine sensitive Methode zur Erfassung der nasalen Luftpassage während der Lageänderung ist.

Eccles et al haben in einer Studie ebenfalls die VAS zur Objektivierung der Nasenatmung genutzt (Eccles et al 2008). Dabei zeigte sich durchschnittlich bei 61 Patienten mit Schnupfen eine Verbesserung der Nasenatmung nach abschwellenden Nasentropfen (Xylometazolin). Diese objektiv mit Rhinomanometrie gemessene Verbesserung der Nasenpassage wurde von den Probanden mit Hilfe der VAS richtig eingeschätzt.

Nach dem heutigen Wissensstand ist allerdings allgemein bekannt, dass die VAS keine guten Korrelationen zur akustischen Rhinometrie ergibt. Lam et al haben dazu eine Arbeit verfasst (Lam et al 2006). Sie überprüften verschiedene anatomische (akustische Rhinometrie), physiologische (inspiratorischer Flow) und subjektive Methoden (VAS) bei 290 Probanden, um Wechselbeziehungen untereinander zu verdeutlichen. Zwischen den objektiven Verfahren (AR und Flow) und der VAS und zwischen anatomischen (akustische Rhinometrie) und physiologischen (Flow) Werten ergaben sich keine signifikanten Korrelationen. Nur bei der Korrelation von MAC und der VAS konnten sie eine deutliche Korrelation nachweisen (beide,  $p < 0,05$ ).

Vor diesem Hintergrund habe ich ebenfalls die Korrelation von  $V_t$  und  $MAC_t$  mit der subjektiven Nasenatmung untersucht und kamen zu dem Ergebnis, dass zum Messzeitpunkt ‚Liegen‘ keine Korrelation zwischen der totalen Nasenengstellenfläche und der subjektiv empfundenen Nasendurchgängigkeit besteht. Der Spearman Rho-Korrelationskoeffizient für  $MAC_t$  beträgt -0,46 und ist nicht signifikant ( $p=0,390$ ).

#### 9.4. Nasentotalvolumen $V_t$ beim Aufstehen

Nach dem schnellen Aufstehen wird  $V_t$  in meiner Studie signifikant größer.

Als Ursachen die zum Anschwellen des Schwellkörpers führen, kann man anführen:

1.) Abfall des hydrostatischen Drucks

2.) Anstieg Sympathikotonus.

Physiologisch kommt es durch den Wechsel der Körperposition aus der horizontalen Ebene in die Senkrechte zu einer Blutvolumenverschiebung zugunsten der unteren Körperhälfte. Innerhalb von 30-40 Sekunden kommt es zu einer Umverteilung von ungefähr 10% des gesamten Blutvolumens (500-1000ml Blut) (Gerok 2007). Das Blut versackt in den venösen Kapazitätsgefäßen von Becken und Beinen und wird damit dem zentralen Kreislauf entzogen. Der verminderte venöse Rückstrom und der daraus resultierende um ca. 25% verminderte Blutausschlag des Herzens führen zu einem Abfall des Blutdrucks. Der Druckabfall im arteriellen System wird über Barorezeptoren registriert und damit eine sympathikotone Gegenregulation eingeleitet. Diese führt zu einer Beschleunigung des Herzschlags, der Engstellung der Widerstandsgefäße und einer Tonuserhöhung der venösen Kapazitätsgefäße (Gerok 2007). Der gesunde Mensch nimmt diese Blutvolumenschwankungen nicht bewusst wahr. Die autonomen Regulationsmechanismen des Kreislaufsystems sind in der Lage auf Lageänderungen innerhalb von Sekunden zu reagieren und der Blutumverteilung entgegenzuwirken (Eccles et al 2008, Mayer 2010). Das sympathische und parasympathische Nervensystem stellt ein Gleichgewicht her, das beim gesunden Probanden zu keiner Änderung des Nasendurchflusses beim Aufstehen führt.

Dies wurde auch durch Gudziol et al an Nichtrauchern beschrieben,  $V_t$  blieb beim Lagewechsel vom Liegen zum Stehen ebenfalls konstant (Gudziol und Stadeler 2008).

Wüstenberg et al untersuchten mit optischer Rhinometrie die Lageänderung vom Sitzen zum schnellen Aufstehen bei Gesunden (Wüstenberg und Zahnert 2006). Das endonasale Volumen verkleinerte sich nach dem schnellen Aufstehen. Die optische

Rhinometrie erfasste eine signifikante Extinktionsabnahme. Beim schnellen Lagewechsel kommt es, wie oben bereits beschrieben, zu einer hydrostatisch bedingten Blutvolumenverlagerung. Wüstenberg et al zeigten in ihrer Studie, dass beim Körperpositionswechsel vom Liegen zum Stehen Gegenregulatoren bereits nach fünf Sekunden einsetzen und ein neues Gleichgewicht herstellen. Dadurch erreicht das Nasenvolumen bereits fünf Sekunden nach dem schnellen Aufstehen wieder das Ursprungsvolumen. Die gesunde Nasenschleimhaut verfügt also über autonome Regulationsmechanismen, die beim Lagewechsel in Sekundenschnelle zu einer Gegenregulation führen. In meiner Studie sind diese fünf Sekunden nicht erfasst. Das Anpassen des Messinstruments der akustische Rhinometrie dauert länger. Es kommt bei Rauchern auch nach den fünf Sekunden nicht zu einem Einpendeln des Nasentotalvolumens zur Ausgangssituation. Das sympathikovagale Gleichgewicht ist gestört. Das Nasentotalvolumen  $V_t$  verkleinerte sich in Rückenlage (Messung 2./3.) und vergrößerte sich anschließend bei Messung 4. ca. zehn Sekunden nach dem schnellen Aufstehen. Bei Messung fünf, ca. 70 Sekunden nach dem Aufstehen ist das Nasentotalvolumen bei Rauchern jedoch noch signifikant kleiner als bei Messung 2. Das spricht dafür, dass der nach dem Aufstehen negative venöse Druck allein nicht ausreicht, die Nasenschwellkörper abzuschwellen. Es ist davon auszugehen, dass Raucher zur Einstellung einer erneuten sympathiko-vagalen Balance mehr als 70 Sekunden benötigen. Leider sind danach keine weiteren Messungen im Stehen erfolgt. In einer nachfolgenden Messreihe sollten diese Messungen durchgeführt werden, um zu sehen, wann sich für  $V_t$  wieder Werte wie vor dem Liegen einstellen. Diese Zeitspanne könnte diagnostische Bedeutung haben. Bei Gudziol et al, welche gesunde Nichtraucher betrachteten, zeigten sich keine signifikanten Veränderungen von  $V_t$  unmittelbar nach dem schnellen Aufstehen (Gudziol und Stadeler 2008).

Roitmann untersuchte zehn junge Patienten mit chronischen rhinitischen Symptomen und zehn junge Gesunde beim Positionswechsel vom Liegen zum Sitzen mithilfe der akustischen Rhinometrie (Roitmann 2005). Nach fünfzehnminütigem Liegen wurden die Probanden aufgefordert sich hinzusetzen, um nach fünf Minuten Adaptationszeit die Messungen mit der akustischen Rhinometrie durchzuführen. Die Schwellungsänderungen der Nasenschleimhaut wurden mit Hilfe der totalen

Engstellenfläche und des Nasentotalvolumens beurteilt. Dabei zeigte sich bei den Patienten mit chronischer Rhinitis eine signifikante Zunahme der Nasenengstellenfläche beim Lagewechsel vom Liegen zum Sitzen. Das Nasentotalvolumen veränderte sich nicht signifikant. In der gesunden Vergleichsgruppe hat sich der Schwellungszustand der Nasenschleimhaut ebenfalls nicht verändert. Wahrscheinlich gab es für  $V_t$  zwischen den Gesunden und der Rhinitisgruppe keinen signifikanten Unterschied. Sowohl die Nasenengstellenfläche, als auch das Gesamtvolumen blieben gleich. Roitmann zeigte auf, dass nach fünfminütiger sitzender Körperposition bei Patienten mit chronischer Rhinitis ein Abschwollen der Nasenschleimhaut zu beobachten war, nachdem zuvor im Liegen die Nasenschleimhaut geschwollen war. Diesen Abschwelleffekt, den die entzündete Nasenschleimhaut in dieser Studie zeigt, habe ich nicht untersucht. Ich habe die Probanden 70 Sekunden nach dem Lagewechsel untersucht. Zu diesem Zeitpunkt war  $V_t$  noch nicht wieder bis auf die Situation vor dem Liegen vergrößert.

### **9.5.Systolischer, diastolischer Blutdruck und Puls beim Aufstehen**

Die Pulsfrequenz steigt physiologisch signifikant beim Lagewechsel vom Liegen zum Stehen an (Jones et al 2003). Dies kann man sowohl bei jungen Gesunden als auch bei jungen Rauchern beobachten.

Der diastolische und systolische Blutdruck steigen ebenfalls signifikant. Als Ursache dafür kommt ein physiologisch gesteigerter Sympathikotonus in Betracht.

Durch die Lageänderung zum Stehen kommt es zu einer Kreislaufreaktion aufgrund der Umverteilung des Blutvolumens. Der verminderte venöse Blutrückfluss zum Herz und das daraus resultierende verminderte Auswurfvolumen führen zum Absinken des Blutdrucks. Das venöse Pooling wird in Sekundenschnelle von den arteriellen Barorezeptoren, die im Aortenbogen, im Karotissinus, in Herz und Lungen lokalisiert sind, registriert (Mayer 2010). Diese Pressorezeptoren messen den Druck und setzen

eine reflexartige Antwort des Körpers in Gang (Mayer 2010). Darüber wird das autonome sympathische Nervensystem aktiviert. Durch die Zunahme des Sympathikotonus steigen die Katecholaminspiegel im Blut und bewirken am Herzen eine Beschleunigung der Herzfrequenz, eine verstärkte Muskelkontraktilität und damit eine verbesserte Auswurfleistung des Herzens. Der venöse Tonus wird erhöht und so die Aufnahmekapazität des venösen Systems vermindert.

Reicht dieser Mechanismus nicht aus oder kommt es zu langfristigem orthostatischen Stress, wird das Renin- Angiotensin- Aldosteron System aktiviert. Fehlregulationen im Renin- Angiotensin- Aldosteron System verursachen u. a. das Krankheitsbild der orthostatischen Dysregulation, das häufig mit Schwindel und Unwohlsein einhergeht.

Kommt es zum Beispiel beim Körperpositionswechsel vom Liegen zum Stehen zum Blutdruckabfall, wird das von den Endothelzellen der Vasa afferentia in den Glomerula gebildete Hormon Renin ausgeschüttet. Renin wandelt das in der Leber gebildete Angiotensinogen in Angiotensin I um, welches durch das Angiotensin-converting-enzyme (ACE) zu Angiotensin II umgeformt wird. Angiotensin II ist eine der am stärksten vasokonstriktorisch wirksamen Substanzen und führt über eine Erhöhung des totalen peripheren Widerstands zu einem deutlichen Blutdruckanstieg.

Nach dem Aufstehen steigen bei meinen Untersuchungen die Pulsfrequenz und der systolische und diastolische Blutdruck an. Eine Ursache für den Anstieg dieser Parameter ist der physiologisch erhöhte Sympathikotonus. Er verhindert zudem, dass das Blut in den Beinen versackt.

Der durch Aufstehen evozierte erhöhte Sympathikotonus addiert sich zu dem durch das chronische Rauchen ohnehin schon verursachten gesteigerten Sympathikotonus.

## **9.6.Nasenatmung beim Aufstehen**

Beim Körperpositionswechsel vom Liegen zum Stehen verbessert sich das subjektive Empfinden der Nasendurchgängigkeit signifikant. Elf Probanden beobachteten eine

verbesserte Nasenpassage, vier Probanden eine Verschlechterung und 24 bemerken keinen Unterschied im Vergleich zur Rückenlage.

Roitmann et al nutzten die VAS zur Objektivierung der Nasendurchgängigkeit. Sie untersuchten den Körperpositionswechsel vom Liegen zum Sitzen (Roitmann et al.2005). In der Gruppe der Gesunden zeigte sich eine signifikante Verbesserung der subjektiven Nasenatmung um 0,68cm auf der VAS. In der Gruppe der Rhinitispatienten stellt sich keine signifikante Veränderung der subjektiven Nasenatmung dar. Tendenziell ergibt sich allerdings in der Rhinitisgruppe eine mittlere Verbesserung um 1,19 cm auf der VAS.

Vergleicht man die Ergebnisse der VAS mit denen der akustischen Rhinometrie ergeben sich widersprüchliche Ergebnisse. So kamen Roitmann et al bei der Gruppe der Gesunden zu dem Ergebnis, dass mit Hilfe der akustischen Rhinometrie keine Veränderung im Nasenvolumen und der Nasenengstellenfläche eintritt. Das subjektive Empfinden der Probanden stellt aber eine Verbesserung fest. Dies steht im Gegensatz zu den Befunden der akustischen Rhinometrie.

In der Gruppe der Rhinitispatienten dagegen zeigen Roitmann et al eine Zunahme der Nasentotalvolumens beim Lagewechsel von der Rückenlage zum Sitzen. Die Probanden empfinden diese Verbesserung nur tendenziell. Die Einschätzung der Nasenatmung anhand einer visuellen Analogskala wird weder von Gesunden noch von Rhinitispatienten korrelativ zur AR- Messung abgebildet.

Nach den Ergebnissen von Roitmann et al zeigt sich auch mit dem Hintergrund der Lam Studie, dass die VAS keine besonders geeignete Methode zur Einschätzung der Nasendurchgängigkeit ist.

In meiner Arbeit gibt es keine Korrelationen zwischen dem gemessenen Nasentotalvolumen, der totalen Nasenengstellenfläche und der subjektiven Nasenatmung. Der Spearman Rho- Korrelationskoeffizient beträgt für das Nasentotalvolumen -0,305 und für die totale Nasenengstellenfläche -0,274, beide sind nicht signifikant ( $p= 0,059$ ,  $p= 0,091$ ).. Der negative Korrelationskoeffizient zeigt, dass mit einem Größerwerden des Nasentotalvolumens bzw. der Nasenengstellenfläche

beim Aufstehen eine Abnahme auf der VAS eine Verbesserung der Nasendurchgängigkeit zum Ausdruck bringt.

### **9.7.Nasentotalvolumen $V_t$ nach dem Treppenlaufen**

Nach dem Treppenlaufen kommt es zu einer signifikanten Zunahme des Nasentotalvolumens. Die Nasenschleimhäute schwellen ab.

Als Ursache, die zum Abschwollen der Nasenschleimhaut führt, kommt ein gesteigerter Sympathikotonus nach körperlicher Belastung in Betracht.

Im Rahmen einer körperlichen Belastungssituation kommt es zur Ausschüttung von Katecholaminen, den sogenannte Stresshormonen. Diese vermitteln ergotrope Wirkungen, steigern das Atemminutenvolumen und das Herzminutenvolumen. Es kommt zur Blutumverteilung zu Gunsten der arbeitenden Skelettmuskulatur. Am Nasenschwellkörper vermittelt ein gesteigerter Sympathikotonus über die Ausschüttung sympathischer Neurotransmitter (Noradrenalin, Neuropeptid Y) die Kontraktion der Gefäßmuskulatur. Dadurch wird der Blutfluss gedrosselt und der Schwellkörper verkleinert sich. Der venöse Abfluss über die Polstervenvenen wird erleichtert. Die im dilatierten Zustand ins Gefäßlumen prolabierte Muskelpolster kontrahieren sich bei erhöhtem Sympathikotonus und erleichtern den Blutabfluss aus dem Schwellkörper (Knipping et al 2004).

Dies wurde auch von Gudziol und Stadeler an Nichtrauchern beschrieben (Gudziol und Stadeler 2008). Nach körperlicher Belastung vergrößert sich  $V_t$ . Ein Abschwollen der Nasenschleimhaut nach körperlicher Belastung beobachteten ebenfalls Juto und Ludberg, Fonseca und Schwarz (Juto und Lundberg 1984, Fonseca et al 2006, Schwarz 1998). Juto und Lundberg untersuchten sieben Probanden während körperlicher Belastung und bestimmten parallel die Blutkonzentration von Katecholaminen und Laktat (Juto und Lundberg 1984). Sie zeigten auf, dass es mit Belastungsbeginn zu einem starken Abschwollen der Nasenschleimhaut kommt, die mit fortdauerender Aktivität abnimmt. Nach Beendigung der körperlichen Belastung kommt es zu einer

wiedereinsetzenden Verschwellung der Schleimhäute in der Nasenhöhle. Diese hat aber 25 Minuten nach Beendigung der Belastung noch nicht vollständig den Ausgangszustand erreicht. Fonseca et al untersuchten 19 Gesunde während sportlicher Betätigung (Aerobic auf Fahrradergometer) und 10 bzw. 20 Minuten im Anschluss an diese Aktivität (Fonseca et al 2006). In der Untersuchung mit akustischer Rhinometrie zeigte sich eine signifikante Zunahme des totalen Nasenvolumens. Nach 20 Minuten war das Nasenvolumen nahe dem Ausgangsvolumen. Schwarz untersuchte u.a. bei jungen Gesunden den Einfluss extremer Wärmebelastung (finnische Trockensauna) und den Einfluss körperlicher Anstrengung (Fahrradergometer) mit Hilfe der anterioren RMM (Schwarz 1998). Bei den rhinomanometrischen Untersuchungen unmittelbar nach Fahrradergometrie wurde bei Gesunden ein durchschnittlich geringerer Nasenwiderstand als in Ruhe festgestellt. Nach 30 Minuten Ruhepause zeigten die Messungen bei den Normalpersonen einen Rückgang des Airflows fast bis zum Ausgangswert. Auch Forsyth et al untersuchten 20 gesunde Probanden während unterschiedlicher Belastungssituationen und während der anschließenden Regenerationsphase mit Hilfe der Bodyplethysmographie (Forsyth et al 1983). Insgesamt kamen sie zu dem Ergebnis, dass im Rahmen einer sportlichen Betätigung die Nasenschleimhaut abschwilt und der nasale Atemwiderstand sich verkleinert. Innerhalb von 10 Minuten nach Belastung war der Ausgangswert wieder erreicht. Dallimore und Eccles haben den Nasenwiderstand an gesunden Probanden nach fünfminütigem Treppenlaufen untersucht (Dallimore und Eccles 1977). Dabei nahm der nasale Widerstand signifikant ab. Das Ausgangsvolumen war innerhalb von 30 Minuten erreicht. Hilberg et al haben gesunde Nichtraucher und Nichtraucher mit allergischer Rhinitis mit Hilfe der akustischen Rhinometrie untersucht (Hilberg et al.1995). Nach fünfzehnminütiger Belastung bei 75% der maximalen Pulsrate kam es in beiden Gruppen zum Abschwellen der Nasenschleimhäute. Der Ausgangswert nach der Belastung war in der Rhinitis Gruppe und in der Gruppe der Gesunden innerhalb von 15-30 Minuten erreicht. In der Rhinitisgruppe ist  $V_t$  jedoch schneller dem Ausgangsvolumen angeglichen. Zu Hilbergs Arbeit ist zu erwähnen, dass ein Fehler in der Beschriftung der Abbildungen aufgetreten ist. Die im Text erwähnte Abbildung zu einem Nicht-Rhinitisprobanden, entspricht in der Abbildungsbeschriftung einem Rhinitispatient. Dies lässt an der Aussagekraft der Ergebnisse zweifeln. Auch meine



Untersuchungen zeigen, dass bei Rauchern, also bei einer chronischen Rhinitis, der Ausgangswert von  $V_t$  nach dem Treppensteigen schneller wieder erreicht wird (12 Minuten), als es in der Literatur bei Gesunden beschrieben wird.

Zusammenfassend wird deutlich, dass alle Autoren zu einem übereinstimmenden Ergebnis kommen, dass mit körperlicher Belastung ein Anschwellen der Nasenschleimhaut zu beobachten ist. Infolge der Belastungssituation, die mit einer Zunahme des Sympathikotonus verknüpft ist, kommt es bei Gesunden, Patienten mit Rhinitis und bei Rauchern zu einer Öffnung der Nasenpassage.

### **9.8.Systolischer, diastolischer Blutdruck und Puls nach dem Treppenlaufen**

Im Anschluss an die körperliche Belastung sind der diastolische und systolische Blutdruck sowie die Herzfrequenz signifikant gesteigert.

Der systolische Blutdruck erhöhte sich nach dem Treppenlaufen von durchschnittlich 122mmHg auf 143mmHg, der diastolische Blutdruck von 79mmHg auf 88mmHg und die Pulsfrequenz von 88 Schlägen pro Minute auf 103 pro Minute.

An der Vergrößerung aller drei Kreislaufparameter kann man gut erkennen, dass das Treppenlaufen die Probanden in eine Stresssituation versetzte. Der Körper stellt sich auf Leistungsbereitschaft ein, die einer zusätzlichen Energiebereitstellung bedarf. Es kommt u.a. zur Ausschüttung des Stresshormons Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark. Adrenalin bewirkt im Körper eine Steigerung des Energieumsatzes, verbessert die Durchblutung der Muskulatur, erweitert die Bronchiolen und versetzt den Körper in eine Art Alarmbereitschaft. Am Herz führt Adrenalin über  $\beta_1$ -Adrenorezeptoren zum Anstieg der Herzrate, einer Beschleunigung der Erregungsleitung und zur verbesserten Kontraktion der Herzmuskelzellen. Das zentrale Blutvolumen wird durch die Kontraktion kleiner peripherer Gefäße v.a. der Haut und der Nieren ( $\beta_1$ - Rezeptoren) gesteigert. Noradrenalin ist einer der wichtigsten Botenstoffe des zentralen Nervensystems und des Sympathikus. Es erhöht wie das

Adrenalin den Blutdruck, verändert aber nicht das Minutenvolumen und senkt sogar die Pulsfrequenz.

In Übereinstimmung mit verschiedenen Autoren (Löllgen et al 2010, Enweze et al 2007, Pierre-Justin et al 2005, White et al 1990) zeigt sich, dass der systolische und diastolische Blutdruck und der Puls unter Belastung zunehmen.

### **9.9.Nasenatmung nach dem Treppenlaufen**

Das subjektive Empfinden der Nasendurchgängigkeit ist unverändert im Vergleich zur stehenden Ausgangsposition. Es haben neun Probanden eine Verbesserung der Nasenatmung nach dem Treppenlaufen empfunden, sieben dagegen eine Verschlechterung.

Auf der VAS bildet sich der Abschwelleffekt, der mit der akustischen Rhinometrie gemessen wurde, nicht ab. Die Probanden haben zum Teil sogar trotz nachgewiesener Öffnung der Nasenpassage eine Verschlechterung empfunden.

Der Spearman Rho- Korrelationskoeffizient beträgt -0,120 und ist beim Betrachten der Änderung von  $V_t$  und der Nasendurchgängigkeit nicht signifikant ( $p=0,468$ ). Für die totale Nasenengstellenfläche haben wir einen Spearman Rho- Korrelationskoeffizient von -0,69 ermittelt. Dieser ist ebenfalls nicht signifikant ( $p=0,337$ ). Auch damit ist nachgewiesen, dass mit Hilfe der VAS die veränderte Nasendurchgängigkeit nicht sicher erfasst werden kann.

Um die unterschiedlichen Ergebnisse näher zu betrachten haben wir die beiden Gruppen, bestehend aus sieben Probanden mit schlechterer Nasenatmung mit den neun Probanden, die eine Verbesserung nach der Belastung verspürt haben, verglichen. Es konnte kein Unterschied hinsichtlich des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Pulsfrequenz und dem Trainingszustand der Probandengruppen festgestellt werden, der diese subjektiven Veränderungen der Nasendurchgängigkeit erklären würde.

Für nachfolgende Wiederholungsmessungen ist es anzuraten, die für das Treppenlaufen benötigte Zeit und die Geschwindigkeit jedes einzelnen Probanden zu erfassen. Außerdem sollte darauf geachtet werden, ob während der Belastungssituation ein Wechsel von Nasenatmung zur Mundatmung stattfindet. Daraus könnten sich weitere Erkenntnisse ergeben, ob die subjektive Nasendurchgängigkeit vom Trainingszustand der Probanden beeinflusst wird.

## 10. Schlussfolgerung

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass chronisch zigarettenrauchexponierte Schleimhäute junger Raucher eine gestörte endonasale Schwelldynamik unter körperlichen Alltagsanforderungen aufweisen. Die sympathiko-vagale Balance ist gestört. Ob insbesondere eine stärkere Nasenverschwellung im Liegen als Frühzeichen einer Schleimhautschädigung durch Zigarettenrauch angesehen werden kann, sollte an größeren Populationen untersucht werden. Da diese lage- und aktivitätsbedingten Verschwellungen der Nasenschleimhaut aber auch bei anderen immunologischen, bakteriellen, viralen, expositionsbedingten sowie neurogen bedingten Nasenschleimhaut-Entzündungen beobachtet werden, ist es nicht berechtigt, von einer raucherspezifischen Funktionsstörung zu sprechen. Vielmehr sollte die Arbeit in der Weise genutzt werden, dass bei einer beklagten behinderten Nasenatmung im Liegen nicht wie selbstverständlich nach einer beruflichen Exposition gefahndet wird, sondern dass nach Ausschluss anamnestischer oder diagnostizierter Ursachen auch der Raucherstatus in Betracht gezogen wird. Das gleiche gilt auch, wenn eine Normalpopulation bezüglich der Nasenatmung definiert wird. Nur gesunde junge Nichtraucher ohne Schadstoffexposition sollten einbezogen werden. Wenn auch die anderen durch Zigarettenrauch induzierten Krankheiten für den einzelnen, als auch für die Gesellschaft bedeutsamer sind als Nasenschleimhaut-Verschwellungen, so könnte dieses Symptom in der Aufklärungsarbeit zum Aufgeben des Rauchens genutzt werden. Alle anderen Symptome nach Rauchen sind Spätsymptome, die sich, wenn überhaupt, erst nach langer Rauchabstinenz zurück bilden. Ob lagebedingte intranasale Verschwellungen nach dem Aufgeben des Rauchens wieder verschwinden, wird von mir vermutet, müsste jedoch in einer Studie überprüft werden.

## 11. Literaturverzeichnis

Babatola F.D., Reciprocal change in nasal resistance in response to change posture., *Rhinology* 1998 Jun;36(2):69-72.

Bachert, C., Die chronisch verstopfte Nase – Zur Klassifikation der nasalen Hyperreaktivität, *Dtsch Arztebl* 1996; 93(16): A-1034 / B-861 / C-805.

Beule A.G., Christophersen K., Bremert T., Mylinski BM., Schlüter H., Mylinski GH., Der Nasenzyklus bei Obstruktivem Schlaf-Apnoe-Syndrom: eine vergleichende, prospektive Untersuchung mit Polysomnographie und Langzeit- Flowmetrie., *Laryngo-Rhino-Oto* 2004; 83;10.1055.

Chaicharn J., Lin Z., Chen M.L., Ward S.L., Keens T., Khoo M.C., Model-based assessment of cardiovascular autonomic control in children with obstructive sleep apnea., *Sleep* 2009 Jul 1;32(7):927-38.

Cole P., Haight J.S., Posture and the nasal cycle., *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1986; 95 233–237.

Cuddihy P.J., Eccles R., The use of nasal spirometry for the assessment of unilateral nasal obstruction associated with changes in posture in healthy subjects and subjects with upper respiratory tract infection., *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 2003 Apr;28(2):108-11.

Dallimore N.S., Eccles R., Changes in human nasal resistance associated with exercise, hyperventilation and rebreathing., *Acta oto-laryngologica* 1977;84:416–421.

Davies, A.M., Eccles R., Reciprocal changes in nasal resistance to airflow caused by pressure applied to the axilla., *Acta otolaryngol* 1985;(99) 154–159.

De Cesaris R., Ranieri G., Filitti V., Bonfantino M.V., Andriani A., Cardiovascular effects of cigarette smoking., *Cardiology.* 1992;81(4-5):233-237.

Eccles R., Eriksson M., Garreffa S., Chen S.C., The nasal decongestant effect of xylometazoline in the common cold., *Am J Rhinol.* 2008 Sep-Oct;22(5):491-6.

Eccles R. Nasal airflow in health and disease. *Acta oto-laryngologica* 2000; 120: 580–595.

Enweze L., Oke LM, Thompson T, Obisesan TO, Blakely R, Adams RG, Millis RM, Khan M, Banks M, Bond V Jr., Acute exercise and postexercise blood pressure in african american women., *Ethn Dis.* 2007 Autumn;17(4):664-8.

Fonseca M.T., Machado J.A., Pereira S.A., Pinto K.M., Voegels R.L., Effects of physical exercise in nasal volume., *Braz J Otorhinolaryngol.* 2006 Mar-Apr;72(2):256-60.

Forsyth R.D., Cole P., Shephard R.J., Exercise and nasal patency., *American Physiological Society*, 1983:860-65.

Frye R.E., Schwartz B.S., Doty R.L., Dose-related effects of cigarette smoking on olfactory function, *JAMA* 1990 (263)9.

Gerok W., Hube C.r, Meinertz T., Zeidler H., *Die Innere Medizin, Referenzwerk für den Facharzt.*(2007)Schattauer Verlag, Stuttgart, 11. Auflage, S. 309

Gudziol, H., Stadeler M., Bewirken Lagewechsel und körperliche Belastungen Änderungen des Schwellungszustandes der gesunden Nasenschleimhaut, *Laryngorhinootologie* 2008 Apr;87(4):252-6.

Guedes D.P., Guedes J.E., Barbosa D.S., de Oliveira J.A., Stanganelli L.C.R., Cardiovascular risk factors in adolescents: biological and behavioral indicators., *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 2006;86(6).

Hasegava, M., Posture-induced nasal obstruction in patient with allergic rhinitis, *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1994 Apr;19(2):135-7.

Hasegawa M., Nasal cycle and postural variations in nasal resistance., *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1982;91: 112–114.

Hellgren J., Yee B.J., Dungan G., Grunstein R.R., Altered positional regulation of nasal patency in patients with obstructive sleep apnoea syndrome., *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009 Jan;266(1):83-7.

Hilberg O., Jackson A.C., Swift D.L., Pederson O.F. Acoustic rhinometry: Evaluation of nasal cavity geometry by acoustic rhinometry., *J Appl Physiol* 1989;66: 295-302.

Hilberg O., Grymer L. F., Pedersen O. F., Spontaneous variation in congestion of the nasal mucosa., *Annals of Allergy, Asthma& Immunology* 1995;74(6): 516-521.

Hottenrott, K., Herzfrequenzvariabilität im Sport – Prävention, Rehabilitation und Training. Hamburg: Feldhaus Verlag(2002).

John U, Hanke M., Tabakrauch-attributable Mortalität in den deutschen Bundesländern. *Gesundheitswesen*, 2001;63, 363–369.

Jones A.Y., Kam C., Lai K.W., Changes in heart rate and R-wave amplitude with posture., *Chin J Physiol.* 2003 Jun 30;46(2):63-9.

Juto J.E., Lundberg C., Nasal mucosa reaction, catecholamines and lactate during physical exercise., *Acta Otolaryngol.* 1984;98(5-6):533-42.

Kase Y., Hilberg O., Pedersen OF. Posture and nasal patency: evaluation by acoustic rhinometry., *Acta oto-laryngologica* 1994; 114: 70–74.

Kayser, Die exakte Messung der Luftdurchgängigkeit der Nase., *Arch. Laryngol. Rhinol.* 1895(3) 101.

Keck T., Wiesmiller K., Lindemann J., Acoustic rhinometry in nasal provocation test in perennial allergic rhinitis, *Eur Arch otolaryngol* (2006) 263:910-916.

Klimek L., Böttcher I., Was passiert bei der allergischen Rhinitis in der Nasenschleimhaut? Viele gute Gründe für eine sorgfältige Therapie. *Deutsches medizinisches Wochenblatt* 2008;133, 88-94.

Knipping S., Riederer A., Berghaus A., Nervale Regulation der respiratorischen Nasenschleimhaut. HNO 2004;52:471-489.

Ko JH, Kuo TB, Lee GS., Effect of postural change on nasal airway and autonomic nervous system established by rhinomanometry and heart rate variability analysis., Am J Rhinol. 2008 Mar-Apr;22(2):159-65.

Lal D., Gorges M.L., Ungkhara G., Reidy P.M., Corey J.P., Physiological change in nasal patency in response to changes in posture, temperature, and humidity measured by acoustic rhinometry., Am J Rhinol 2006; 20: 456–462.

Lam DJ, James KT, Weaver EM., Comparison of anatomic, physiological, and subjective measures of the nasal airway., Am J Rhinol. 2006 Sep-Oct;20(5):463-70.

Löllgen H., Erdmann E., Gitt A.-K., Ergometrie, Springer Berlin Heidelberg, 3. Auflage 2010; 302-312.

Morillo M.G., Amato M.C., Cendon Filha S.P., Twenty-four hour blood pressure record for smokers and nonsmokers, Arq Bras Cardiol. 2006 Oct;87(4):504-11.

Marrone O., Riccobono L., Salvaggio A., Mirabella A., Bonanno A., Bonsignore M. R., Catecholamines and blood pressure in obstructive sleep apnea syndrome., Chest 1993(103);722-727.

Mayer K.C., Wenn der Kreislauf am Schwindel schuld ist., <http://www.neuro24.de/s12.htm>, 10.03.2010, 11.59 Uhr.

Morris L.G., Burschtin O., Setlur J., Bommelje C.C., Lee K.C., Jacobs J.B., Lebowitz R.A., REM-associated nasal obstruction: a study with acoustic rhinometry during sleep, Otolaryngol Head Neck Surg. 2008 Nov;139(5):619-23.

Myers J., Froelicher V.F., Exercise testing. Procedures and implementation., Cardiology Clinics, WB Saunders Company, Philadelphia, 1993, pp 199-213.

Peto R., Lopez A.D., Boreham J., Mortality from tobacco in developed countries: indirect estimation from national vital statistics., Lancet 1992, 339, 1268–1278.



Phillips C.L., Yang Q., Williams A., Roth M., Yee B.J., Hedner J.A., Berend N., Grunstein R.R., The effect of short-term withdrawal from continuous positive airway pressure therapy on sympathetic activity and markers of vascular inflammation in subjects with obstructive sleep apnoea., *J Sleep Res.* 2007 Jun;16(2):217-25.

Pierre-Justin G., Lancellotti P., Pierard L.A., What indices quantify regional myocardial function during supine bicycle in healthy subject: natural strain and strain rate?, *Int J Cardiol.* 2005 Jun 22;102(1):21-31.

Reinefeld, V., Rhinoresistometrische und Akustisch-Rhinometrische Untersuchungen zur Effektivität der Nd:YAG-Lasermuschelkaustik (Dissertation 2003). Berlin: Freie Universität.

Resta O., Rana L., Procacci V., Guido P., Picca V., Scarpelli F., Autonomic dysfunction in normotensive awake subjects with obstructive sleep apnoea syndrome. *Monaldi Arch Chest Dis.*, 1998 Feb;53(1):23-9.

Riederer A., Knipping S., Toleti B., Regulation of the swelling mechanism in the inferior turbinate of human nasal mucosa., *Laryngorhinootologie* 2002 Jul;81(7):469-75.

Roithmann R., Demeneghi P., Faggiano R., Cury A. Effects of posture change on nasal patency., *Revista brasileira de otorrinolaringologia* 2005; 71: 478–484.

Rundcrantz H., Postural variations of nasal patency. *Acta oto-laryngologica* 1969;68: 435–443.

Schaller K., Pötschke-Langer M., Deutsches Krebsforschungszentrum (Hrsg.), Gesundheitsschäden durch Rauchen und Passivrauchen, Heidelberg, 2008.

Schwarz G., Rhinomanometrische Untersuchungen zur thermischen Beeinflussung der Nasenventilation., *HNO* 1998; 46:519–523.

Sharma S.B., Dwivedi S, Prabhu K.M, Singh G., Kumar N., Lal M K., Coronary risk variables in young asymptomatic smokers., *Indian J Med Res* 2005;122:205-210.

Siemon G., Loddenkemper R., Raupach T., Schaller K., Pötschke-Langer M.. Deutsches Krebsforschungszentrum (Hrsg.): Durch Rauchen und Passivrauchen verursachte Atemwegs- und Lungenerkrankungen., Heidelberg, 2008.

Silbernagel S., Lang F., Taschenatlas der Pathophysiologie, 2005, Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2. Auflage, S. 48.

Stroud R.H., Wright S.T., Calhoun KH, Nocturnal nasal congestion and nasal resistance., Laryngoscope. 1999 Sep;109(9):1450-3.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use., Eur Heart Journal 1996 Mar;17(3):354-81.57.) .

Vachier I., Vignola A. M., Chiappara G., Bruno A., Meziane H., Godard P., Bousquet J., Chanez P., Inflammatory features of nasal mucosa in smokers with and without COPD., Thorax 2004;59:303–307.

Vinke J.G, KleinJan A., Severijnen L.W., Fokkens W.J., Passive smoking causes an 'allergic' cell infiltrate in the nasal mucosa of non-atopic children., Int J Pediatr Otorhinolaryngol.;1999,51(2):73-81.

Virkkula P., Maasilta P., Hytonen M., Salmi T., Malmberg H., Nasal obstruction and sleep-disordered breathing: the effect of supine body position on nasal measurements in snorers., Acta oto-laryngologica 2003; 123: 648–654

Welte R., König H.H., Leidl R., The costs of health damage and productivity losses attributable to cigarette smoking in Germany. Eur.J.Public Health 2000; 10:31–38

Werner, J.A., Rudert, H.: Der Einsatz des Nd:YAG- Lasers in der Hals- Nasen Ohrenheilkunde, HNO 1990(40): 248- 258

White W.B., Lund-Johansen P., Omvik P., Assessment of four ambulatory blood pressure monitors and measurements by clinicians versus intraarterial blood pressure at rest and during exercise., Am J Cardiol 1990; 65:60-65

Wüstenberg E. G., Zahnert T., Dokumentation von endonasalen Blutvolumen-  
änderungen mittels optischer Rhinometrie., HNO 2006, 54:99–104.

## 12. Anhang

### 12.1. Übersicht über alle Parameter

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
1	Vt	11,72	12,17	11,32	12,68	12,33	13,82	12,84	12,75	13,12	0	0
	NA	3	3	5	3	4	3	3	3	3	0	0
	RR sys	125	111	123	111	122	144	109	107	111	0	0
	RR dia	85	79	80	75	70	81	74	77	79	0	0
	Puls	76	83	53	75	68	88	81	79	75	0	0
2	Vt	11,73	11,62	6,88	9,23	10,87	13,75	12,82	15,03	11,04	0	0
	NA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0
	RR sys	112	112	103	120	128	141	130	124	121	0	0
	RR dia	78	86	83	87	81	81	80	80	78	0	0
	Puls	87	90	77	69	78	102	92	83	83	0	0
3	Vt	14,2	17,28	11,88	15,05	16,53	19,61	16,25	19,74	16,17	0	0
	NA	2	2	3	2	2	2	3	2	2	0	0
	RR sys	102	105	105	112	112	136	126	126	117	0	0
	RR dia	67	67	67	70	70	79	69	68	72	0	0
	Puls	68	74	72	99	99	126	78	80	89	0	0
4	Vt	9,62	11,82	9,45	10,45	11,57	17,91	14,95	13,45	12,69	0	0
	NA	3	2	3	3	2	2	3	3	3	0	0
	RR sys	122	121	124	109	110	134	128	120	117	0	0
	RR dia	71	76	72	75	75	80	75	70	66	0	0
	Puls	79	84	73	100	92	120	115	96	84	0	0

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
5	Vt	10,39	11,14	13,82	11,34	14,66	15,25	12,74	12,82	14,76	0	0
	NA	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	0
	RR sys	107	118	110	116	110	131	126	115	105	0	0
	RR dia	73	70	62	65	77	72	71	69	69	0	0
	Puls	89	95	70	77	74	144	120	77	81	0	0
6	Vt	17,88	14,91	13,04	13,16	15,26	16,32	13,91	15,42	14,51	0	0
	NA	3	3	4	4	4	4	3	3	3	0	0
	RR sys	120	118	114	125	127	138	135	130	122	0	0
	RR dia	80	82	78	82	80	90	89	85	80	0	0
	Puls	71	78	65	77	72	102	90	80	75	0	0
7	Vt	12,96	13,25	11,4	12,9	12,95	15,7	12,88	13,56	13,06	0	0
	NA	1	2	2	2	2	2	3	3	2	0	0
	RR sys	127	124	120	121	114	136	138	132	128	0	0
	RR dia	68	74	68	70	70	78	80	82	78	0	0
	Puls	90	96	85	94	99	116	99	95	92	0	0
8	Vt	8,87	9,59	8,69	9,03	9,2	11,91	11,68	10,11	10,47	0	0
	NA	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0
	RR sys	135	137	124	133	130	162	152	142	138	0	0
	RR dia	91	93	98	68	83	92	86	91	90	0	0
	Puls	68	73	58	78	95	82	70	81	86	0	0
9	Vt	16,72	15,6	15,5	16,76	16,84	20,56	15,06	16,3	15,47	0	0
	NA	2	2	2	1	1	1	2	2	2	0	0
	RR sys	130	134	129	109	120	149	144	135	130	0	0
	RR dia	88	82	76	78	79	93	83	87	80	0	0
	Puls	78	88	66	65	90	101	83	80	81	0	0

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
10	Vt	10,72	9,78	10,16	9,82	8,96	14,23	11,9	10,65	10,29	0	0
	NA	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
	RR sys	122	118	124	123	127	163	156	140	119	0	0
	RR dia	75	77	73	78	78	100	89	87	74	0	0
	Puls	91	93	71	81	86	115	102	94	101	0	0
11	Vt	18,07	16,93	13,76	14,31	18,01	24,62	21,42	21,8	17,32	0	0
	NA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	RR sys	120	118	120	120	120	124	137	121	123	0	0
	RR dia	88	81	89	83	78	85	80	86	75	0	0
	Puls	75	82	55	80	79	119	70	73	71	0	0
12	Vt	12,17	9,53	10,64	12,89	8,71	17,92	13,94	19,96	22,65	0	0
	NA	3	3	5	3	3	3	3	3	3	0	0
	RR sys	127	133	141	122	177	157	145	139	124	0	0
	RR dia	83	93	95	94	112	99	95	93	101	0	0
	Puls	74	84	68	79	141	135	120	100	86	0	0
13	Vt	6,83	8,99	9,32	6,52	7,43	8,11	10,12	10,05	11,07	0	0
	NA	3	3	4	4	3	3	3	3	3	0	0
	RR sys	118	109	122	118	118	181	136	131	120	0	0
	RR dia	70	64	73	74	72	135	70	69	65	0	0
	Puls	60	70	53	72	73	78	70	67	69	0	0
14	Vt	18,52	21,6	19,69	18,09	19,93	20,09	17,98	17,9	18,67	0	0
	NA	2	2	3	2	2	2	2	2	2	0	0
	RR sys	123	119	134	129	129	132	153	130	139	0	0
	RR dia	88	78	83	92	92	81	85	82	88	0	0
	Puls	80	95	74	85	85	106	87	74	74	0	0

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
15	Vt	17,18	13,93	14,45	12	13,09	18,59	16,61	15,56	13,11	0	0
	NA	5	5	5	5	5	4	4	4	4	0	0
	RR sys	117	122	135	105	111	137	111	120	129	0	0
	RR dia	79	85	85	74	73	86	86	81	87	0	0
	Puls	94	99	74	96	106	126	103	84	83	0	0
16	Vt	12,81	10,93	13,66	14,35	13,05	17,75	15,16	14,44	15,37	0	0
	NA	3	3	4	4	4	3	3	3	3	0	0
	RR sys	128	118	117	125	126	138	127	126	119	0	0
	RR dia	83	80	93	82	80	97	87	76	78	0	0
	Puls	95	92	81	79	81	97	92	75	80	0	0
17	Vt	8,09	7,44	7,8	7,66	7,79	10,75	6,16	7,08	9,86	0	0
	NA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
	RR sys	111	112	111	103	102	133	133	121	116	0	0
	RR dia	63	76	71	68	69	81	70	79	71	0	0
	Puls	91	97	76	83	89	121	83	93	81	0	0
18	Vt	9,73	11,53	8,65	9,02	7,54	14,99	11,68	12,31	12,7	0	0
	NA	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0
	RR sys	114	109	115	112	108	125	121	107	109	0	0
	RR dia	75	74	66	74	75	96	81	68	70	0	0
	Puls	80	97	75	83	100	132	105	98	95	0	0
19	Vt	10,33	10,5	10,3	11,2	11,96	15,28	10,7	11,82	11,09	0	0
	NA	2	2	2	2	2	3	2	2	2	0	0
	RR sys	100	123	107	119	118	140	134	130	120	0	0
	RR dia	69	78	69	86	85	90	81	85	60	0	0
	Puls	78	81	55	87	85	116	79	79	80	0	0

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
20	Vt	10,1	12,19	9,04	9,29	10,08	12,25	10,81	10,28	9,96	10,3	9,98
	NA	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	RR sys	129	124	116	133	125	141	131	124	128	128	131
	RR dia	99	88	79	91	90	96	98	84	82	84	82
	Puls	106	107	92	100	103	101	88	89	97	91	97
21	Vt	8,65	11,11	8,19	9,81	11,45	14,33	13,84	15,24	13,35	14,25	13,22
	NA	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	RR sys	112	102	108	115	116	133	114	122	120	112	117
	RR dia	69	69	61	75	70	86	66	70	71	71	69
	Puls	85	85	71	75	73	92	78	87	91	85	84
22	Vt	9,41	10,32	8,02	8,86	8,73	13,5	11,81	10,42	7,77	7,83	7,27
	NA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	RR sys	106	100	108	110	129	129	117	118	116	123	114
	RR dia	69	71	55	65	77	73	78	67	76	70	72
	Puls	78	87	68	90	110	92	92	91	89	88	88
23	Vt	18	18,78	13,15	15,64	17,03	17,44	14,35	18,31	15,78	17,22	14,34
	NA	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2
	RR sys	114	116	118	124	130	182	151	135	123	122	118
	RR dia	80	82	80	89	90	99	82	80	78	75	76
	Puls	80	84	79	90	89	114	87	81	85	87	82
24	Vt	9,87	11,21	9,45	9,15	9,24	15,16	12,24	10,93	9,32	9,99	9,42
	NA	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3
	RR sys	110	106	109	113	115	139	126	113	109	119	115
	RR dia	71	70	58	75	75	86	74	70	75	73	78
	Puls	73	83	62	80	78	126	78	77	74	76	77



Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
25	Vt	15,97	13,54	10,82	12,76	12,78	13,5	15,55	14,43	14,46	15,27	13,06
	NA	4	3	5	4	3	3	3	3	4	3	3
	RR sys	117	122	109	109	111	127	125	120	124	120	118
	RR dia	67	66	65	65	66	67	76	70	67	69	71
	Puls	59	66	55	66	61	111	76	71	64	70	70
26	Vt	13,69	17,95	14,04	15,04	15,76	18,8	18,8	18,91	17,38	13,41	15,28
	NA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	RR sys	133	127	109	126	133	156	124	127	125	119	121
	RR dia	85	87	70	87	79	97	88	83	85	84	87
	Puls	90	95	78	94	86	94	92	85	91	92	82
27	Vt	20,3	20,15	15,44	18,54	15,03	16,12	21,15	18,5	17,99	12,77	13,42
	NA	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3
	RR sys	116	107	95	110	115	130	115	112	115	111	112
	RR dia	84	80	58	77	73	81	78	87	81	79	80
	Puls	72	72	66	82	79	116	76	74	76	75	75
28	Vt	11,12	10,5	7,25	12,3	7,24	14,97	13,77	9,54	6,81	7,24	7,45
	NA	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
	RR sys	120	127	112	118	115	164	147	139	144	116	118
	RR dia	80	84	73	87	87	104	90	92	86	85	86
	Puls	76	86	73	86	85	91	78	81	78	73	81
29	Vt	11,47	12,65	9,5	9,8	11,17	15,7	12,06	12,71	9,46	11,24	10,67
	NA	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2
	RR sys	121	112	108	125	113	138	120	114	108	114	118
	RR dia	70	74	69	81	76	82	75	68	64	70	73
	Puls	101	102	79	100	97	120	95	96	90	93	99

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
30	Vt	9,86	8,58	8,37	9,83	8,39	12,54	9,08	9,94	10,17	9,66	8,43
	NA	3	3	3	3	3	1	1	2	2	3	3
	RR sys	116	118	113	113	120	143	116	117	123	118	118
	RR dia	87	75	65	78	72	87	86	79	82	83	77
	Puls	85	89	74	88	91	87	75	89	88	82	85
31	Vt	15,35	14,23	16,4	13,82	15,02	17,79	15,57	18,65	14,37	14,36	14,19
	NA	3	3	2	3	3	2	2	2	3	3	3
	RR sys	126	122	118	128	130	147	126	134	135	130	130
	RR dia	97	89	79	84	78	100	92	89	98	87	90
	Puls	92	102	82	95	97	129	116	104	99	97	95
32	Vt	14,11	13,92	11,5	12,47	12,97	16,98	14,33	15,11	14,59	12,29	12,17
	NA	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	RR sys	141	143	121	135	139	164	143	144	137	137	134
	RR dia	97	102	76	95	95	95	94	95	90	97	94
	Puls	79	86	78	80	87	119	97	95	96	81	86
33	Vt	17,15	14,89	15,28	13,39	13,94	10,55	11,28	12,98	12,84	12,48	11,25
	NA	4	4	6	3	3	6	4	4	5	4	4
	RR sys	128	108	102	121	128	142	125	119	116	126	112
	RR dia	80	69	63	73	73	78	76	73	69	82	71
	Puls	76	68	62	66	63	79	62	62	69	71	68
34	Vt	11,13	13	10,41	12,05	11,26	15,9	14,01	13,82	12,76	13,05	10,92
	NA	4	3	3	4	4	5	4	4	4	4	4
	RR sys	127	123	112	127	120	131	128	119	128	125	129
	RR dia	93	91	74	84	89	88	91	87	82	89	96
	Puls	91	95	82	102	88	122	87	90	92	92	96

Nr.	Werte	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
35	Vt	12,81	12,21	9,68	10,8	10,45	14,33	11,69	13,11	13,02	13,32	11,69
	NA	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	RR sys	120	116	117	117	116	138	130	123	122	125	120
	RR dia	87	72	63	78	79	91	77	72	73	79	79
	Puls	76	94	62	84	87	100	77	73	80	83	72
36	Vt	14,56	9,57	9,57	10,01	9,78	15,03	11,84	11,57	11,08	10,59	11,11
	NA	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3
	RR sys	120	121	112	122	121	169	151	136	135	127	125
	RR dia	73	73	56	75	74	93	81	76	73	74	76
	Puls	61	63	56	64	69	97	72	74	63	67	73
37	Vt	13,74	7,99	8,7	9,99	8,27	15,25	9,44	10,64	10,86	10,2	9,1
	NA	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	RR sys	114	97	103	134	106	126	108	119	110	106	104
	RR dia	71	71	62	96	68	64	79	75	56	71	72
	Puls	87	95	78	88	92	82	76	84	81	81	83
38	Vt	11,19	10,93	8,79	9,25	9,23	12,78	10,38	9,98	10,02	10,02	10,72
	NA	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
	RR sys	113	129	108	132	126	151	125	120	114	118	120
	RR dia	79	84	66	85	81	96	74	67	69	71	72
	Puls	90	101	87	100	100	121	102	97	98	98	95
39	Vt	9,67	10,61	10,96	11,28	9,28	16,8	12,5	12,81	12,07	11,45	9,11
	NA	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2
	RR sys	133	127	119	130	131	145	134	134	130	131	138
	RR dia	94	82	71	86	96	88	88	89	89	92	85
	Puls	66	79	64	73	79	96	64	70	66	70	60

## 12.2. Aufklärungsbogen



### Universitätsklinikum Jena

Friedrich Schiller Universität Jena  
Klinik und Poliklinik für Hals- , Nasen- ,Ohrenheilkunde  
Postfach D-07740 Jena

Prof. Dr. med. O. Guntinas-Lichius  
HNO-Klinik  
Lessingstr. 2  
D 07743 Jena  
Tel. 03641 935127 ; Fax. 03641 935129  
E-mail: rene.volland@med.uni-jena.de

#### **Patientenaufklärung:**

Sehr geehrte/r Frau/Herr.....

Ich möchte im Rahmen meiner Doktorarbeit untersuchen, ob Ihre Nasenschleimhaut bei Alltagsbelastung anders reagiert wie bei Nichtrauchern.

Der Versuchsaufbau wurde Ihnen erklärt und ich freue mich, dass Sie zustimmen wollen.

Selbstverständlich bleiben die Daten anonymisiert und unterliegen dem Datenschutz.

Sie können jeder Zeit, ohne Angaben eines Grundes die Teilnahme abbrechen.

Die Messung der Nasenatmung tut nicht weh. Es werden in die Nase Töne eingeschallt.

Aus deren Reflektion ein Computer den Schwellungszustand Ihrer Nase berechnet.

Vielen Dank für Ihre Bereitschaft mitzumachen.

Mit freundlichen Grüßen.

Prof. Dr. med. habil. H. Gudziol  
Leitender Oberarzt

Juliane Krause  
Doktorandin

### 12.3. Fragebogen

#### Anamnese

Name:

Anschrift:

Telefon:

Geburtsdatum:

Gewicht/ Größe:

#### **Vorerkrankungen/ Operationen( insbes. auch an der Nase):**

Diabetes:

Bluthochdruck:

Medikamente:

Allergien:

Schnarchen:

Schlafgewohnheiten( tagsüber müde, häufiges aufwachen, Einschlafprobleme):

#### **Rauchverhalten:**

Wie viele Zigaretten am Tag?

Welche Art (gestopft, selbst gedreht, Filterzigaretten) :

Wird auf Lunge geraucht?

Wo rauchen Sie? (Wohnung, Arbeitsplatz, Balkon, im Auto, Freizeit)

Sportliche Aktivitäten pro Woche (in Stunden)

## 12.4. Visuelle Analogskala

### VAS zur Einschätzung der subjektiven Nasendurchgängigkeit

Name:

Schätzen Sie ihre momentane Nasenatmung ein?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ausgezeichnete Nasenatmung					keine Nasenatmung				

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. Messung:  | Puls/RR: |
| 2. Messung:  | Puls/RR: |
| 3. Messung:  | Puls/RR: |
| 4. Messung:  | Puls/RR: |
| 5. Messung:  | Puls/RR: |
| 6. Messung:  | Puls/RR: |
| 7. Messung:  | Puls/RR: |
| 8. Messung:  | Puls/RR: |
| 9. Messung:  | Puls/RR: |
| 10. Messung: | Puls/RR: |
| 11. Messung: | Puls/RR: |

## **12.5. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. H. Gudziol für die Vergabe des Dissertationsthemas, sowie für die engagierte Betreuung und Unterstützung während der gesamten Zeit.

Ebenfalls gilt mein Dank Herrn Dr. rer. nat. M. Walther für seinen Rat in der statistischen Ausarbeitung, Herrn Dr. med. Th. Zimmer für die Beantwortung einiger pathophysiologischer Fragen und Frau Randi Köhler für die abschließende Überarbeitung.

Des Weiteren möchte ich mich ganz herzlich bei meinen Eltern und meinen Großeltern bedanken, ohne deren „Anregung“ ich nie den Ehrgeiz aufgebracht hätte, zu promovieren. Sie waren es auch, die mich während meines gesamten Medizinstudiums in allen Belangen tatkräftig unterstützten.

Ein besonderer Dank gilt auch meinem Bruder Sebastian für seine Überarbeitungen in letzter Minute.

Zuletzt danke ich meinem Freund Maik Kühmel für sein Verständnis und seine Nachsicht, mir und meiner Arbeit gegenüber. Er hat mich stets motiviert, unterstützt und aufgebaut.

## **12.6. Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Herr Prof. Dr. med. H. Gudziol, Herr Dr. med. M. Walther, Dr. med. Th. Zimmer

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Erfurt, den, 07.11.2010

Juliane Krause



## 12.7. Lebenslauf

Name: Juliane Johanna Ingeborg Krause

Geburtsdatum: 07.02.1983

Geburtsort: Jena

Familienstand: ledig

1989- 1993                      Grundschule Werner Seelenbinder Apolda

1993-2001                     Gymnasium Bergschule Apolda

2001                             Abitur

2001-2002                     FSJ Stiftung Finneck Rastenberg (Diakonie)

2002- 2005                     Studium der Humanmedizin JLU Gießen

2005                             Physikum JLU Gießen

2005-2009                     Studium der Humanmedizin FSU Jena

2009                             Staatsexamen FSU Jena

2009                             Approbation

seit 2010                        Ärztin in Weiterbildung für HNO in Erfurt

Erfurt den 07.11.2010

Juliane Krause